INTRODUCCION

Los desechos que mayor atención requieren durante las actividades de Perforación son los lodos y ripios de perforación. Los ripios de perforación (enfoque central de la tesis) son los sólidos contenidos en el fluido de perforación que se agregan para controlar las propiedades químicas y físicas del mismo, sumadas las partículas que se desprenden de la formación desde la superficie interior del agujero, dichas partículas son creadas por la acción aplastante y rotatoria del taladro.

1. Definición del Problema

La falta de información disponible acerca del Manejo de los Ripios de Perforación y los pocos o casi ningún Trabajos de Investigación realizados en el País al respecto, y sumada la necesidad de encontrar un método que de aportes positivos y posibles soluciones a los problemas existentes con los actuales sistemas, son algunas de las razones para el desarrollo de éste Proyecto de Tesis.

Alcalinidad excesiva, salinidad y ausencia de estructura física representan las principales limitaciones asociadas a los Ripios de Perforación de la industria petrolera. Por esta razón es necesario considerar que éstos parámetros deben asegurar niveles de bajo riesgo ambiental.

2. Justificación del Proyecto:

El presente estudio es una respuesta a la creciente necesidad de buscar alternativas que nos permitan minimizar el impacto ambiental, permitiendo un desarrollo sustentable de las empresas petroleras en las operaciones de manejo y disposición de ripios de perforación, traduciéndose en un mayor bienestar para el ecosistema y generando un impacto social positivo para la población de la zona de influencia, para tal fin este trabajo presenta los resultados del coagulante y los floculantes o la combinación de floculantes más eficiente que se relacionan necesariamente con las características físico-químico del desecho (Fluido de Perforación) como requisito previo para la aplicación de una nueva tecnología, la del Confinamiento de Ripios en Geotubos o Geo-confinamiento, tecnología no aplicada en la industria del petróleo en el país.

3. Alcance:

El desarrollo del presente proyecto será aplicable exclusivamente para el manejo de ripios de perforación provenientes del sistema de fluido base agua de la empresa Qmax Ecuador S.A.

El trabajo de campo se realizará en el Bloque Petrolero de Tarapoa operado por la empresa Andes Petroleum Company.

4. Importancia

Debido a las limitaciones asociadas a los Ripios de Perforación anteriormente expuestas y al derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable esta vigente el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas (RAOH) Decreto 1215 del 13 de febrero del 2001, el cual considera a los Ripios de Perforación como desechos no peligrosos y que podrán disponerse una vez que cumplan los parámetros y límites de la Tabla No. 7 del Anexo 2 del mismo Reglamento y asi para prevenir un impacto adverso a los recursos naturales.

Hay que destacar que la elección de qué sistema utilizar para poder disponer los Ripios de Perforación depende principalmente de las características de la región (tipo de suelo, nivel freático, topografía, y otros), de los parámetros a regularse, de la cantidad de desechos a disponer, del área asignada para la disposición, tipo de agente fijador seleccionado, base del desecho (agua o aceite), tema a tratar en esta tesis.

5. Objetivos

Objetivo General

Contribuir para un mejor manejo de los Residuos en el Proceso de Perforación mediante la Evaluación del cumplimiento técnico y legal de los diferentes sistemas para el tratamiento y disposición de dichos residuos. La evaluación técnica y legal se basará en el cumplimiento de la normativa ambiental vigente para las operaciones hidrocarburíferas en el Ecuador enunciada en el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas RAOH.

Objetivos Específicos

- Aplicar la base legal existente y posibles proyecciones legales por parte de la Autoridad Competente en materia de manejo y disposición de residuos de perforación.
- Recopilar información técnica y social de fuentes confiables que permita establecer la problemática socio - ambiental relacionada con el manejo de residuos de perforación.
- Identificar los sistemas tradicionales aplicados en la industria.
- Identificar tecnologías relativamente nuevas o alternativas de poca difusión en el mercado nacional con aplicación para el manejo de Ripios de Perforación
- Evaluar las ventajas y desventajas operativas entre los sistemas tradicionales y los de poca difusión en el Ecuador para el tratamiento y disposición de sólidos de perforación.
- Sugerir el mejor sistema en función del análisis técnico legal realizado.

CAPITULO 1

1. RIPOS DE PERFORACION

Introducción

Los desechos que mayor atención requieren durante las actividades de perforación son los lodos y ripios de perforación. Se utiliza lodos en base de agua y bentonita (arcilla), con propiedades reológicas adecuadas a los intervalos de profundidad de perforación. Estos componentes deben ser no tóxicos y ciertos de ellos biodegradables (polímeros).

1.1 Definición

Los ripios de perforación son los sólidos contenidos en el fluido de perforación que se agregan para controlar las propiedades químicas y físicas del mismo, sumadas las partículas que se desprenden de la formación desde la superficie interior del agujero, dichas partículas son creadas por la acción de la fuerzas de compresión y rotatoria del taladro. La siguiente tabla según el Comité API boletín 13C realizado en 1974 ayudará a diferenciar lo que es cortes de perforación y partículas sólidas del fluido de perforación la cual dice lo siguiente:

Clasificación	Tamaño de la partícula (micras)
Cortes	Mas grande que 500
Arena	74 - 500
Cieno	de 2 a 74
Arcilla	Mas pequeño que 2

Tabla 1.1. Clasificación de Cortes y Partículas Sólidas de acuerdo al tamaño de partícula, fuente: Comité API, boletín 13C, 1974.

A estos ripios se los trata y de acuerdo a su disponibilidad final se llamaran de una u otra manera, pues es asi que a los ripios que pueden ser recuperados, reciclados, reutilizados o eliminados se les denomina RESIDUOS DE PERFORACION y a los ripios que no cumplen con las especificaciones y que por ende no podrían ser reciclados o reutilizados se les denomina DESECHOS DE PERFORACION.

El tratamiento y Disposición de los residuos en general en el taladro geográficamente dependen de de las regulaciones gubernamentales de cada país y pueden comprender:

- Cortes de perforación base petróleo.
- Cortes de perforación base agua.
- Fluidos de perforación.
- Fluidos de Completación.
- Aguas negras y grises (aguas que provienen de los baños; y las que provienen de los procesos de lavandería y cocina respectivamente).
- Agua de lluvia.

1.1.1 Generación de Ripios de Perforación

El fluido de perforación el cual es una mezcla de líquidos (agua y/o aceite), sólidos disueltos y sólidos en suspensión que tiene propiedades físicas y químicas tendientes a favorecer la perforación, protegiendo las formaciones que se atraviesan es preparado en el pozo y esta compuesto de las siguientes partes:

- La fase líquida puede estar constituida por agua dulce, agua salada, salmuera, aceite diesel (destilado medio obtenido en la destilación atmosférica del petróleo crudo), aceite mineral no tóxico (aceite formado por una base obtenida directamente de la destilación del petróleo más unos aditivos que le confieren unas propiedades que mejoran sus prestaciones), aceites sintéticos

(aceite que contiene bases tratadas físico-químicamente obteniendo una base de mayor calidad y prestaciones que el aceite mineral)

- La fase sólida se compone de materiales viscosificantes naturales ó artificiales (polímeros), densificantes (Barita, Carbonato de Calcio, Barita, Galena, Hematina y Siderita), sales (las mas usadas en el Oriente Ecuatoriano son el Cloruro de Sodio, Cloruro de Potasio, Cloruro de Calcio, sales de Amonio y Nitrato), aire y espuma pueden ser usados para algunas operaciones en los pozos.

Una vez que éste fluido es inyectado al pozo y llega al fondo del pozo arrastra consigo los sólidos desprendidos de la tierra hasta superficie (Sólidos Perforados) producidos durante la operación los cuales se van incorporando al fluido por lo que debe ser acondicionado por el Equipo de Control de Sólidos (ECS) que se encuentra en superficie en locación. La evaluación de estos Sólidos se hace por evaporación de la fracción líquida y se mide en porcentaje donde para tal propósito se utiliza la retorta para su medición y el máximo porcentaje de sólidos perforados no debe superar 8% del volumen total del fluido, siendo 4% un valor óptimo

Fig.1.1 Instrumento de la Retorta, Cristina Ballesteros., Abril 2007.

Un diagrama explicativo de lo antes expuesto se presenta a continuación:

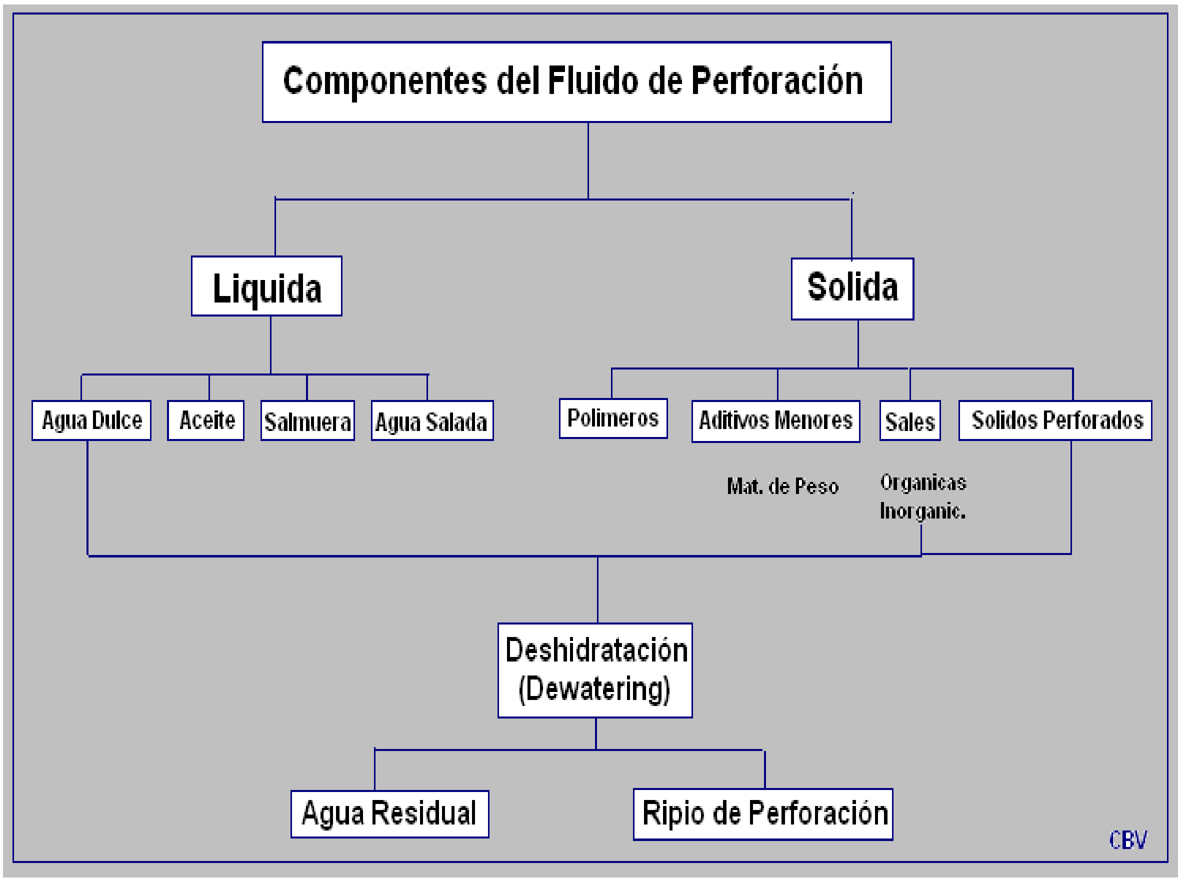


Fig. 1.2 Diagrama de los componentes del Fluido de Perforación; Cristina Ballesteros, mayo 2007

1.1.2 Efectos de los Ripios sobre el lodo durante la Perforación.

Desde el momento en que los ripios son desprendidos de las paredes del hueco hasta que llegan a la superficie, sufren una continua reducción de tamaño debido a la abrasión con otras partículas y la acción de triturar que ejerce la tubería de perforación, es por eso que el área superficial se incrementa en forma exponencial debido a la degradación de los ripios. Esta área específica absorbe líquido, por lo que a mayor área especifica, mayor volumen de líquido es absorbido.

A medida que el tamaño de las partículas de ripios de perforación se reduce por la recirculación hasta alcanzar un tamaño coloidal será mas difícil expulsarlas del sistema es asi que, el efecto relativo de la impregnación del líquido aumenta, por ende, el área específica tiene un gran efecto sobre la viscosidad del lodo, por lo que a mayor área, mayor es la viscosidad.

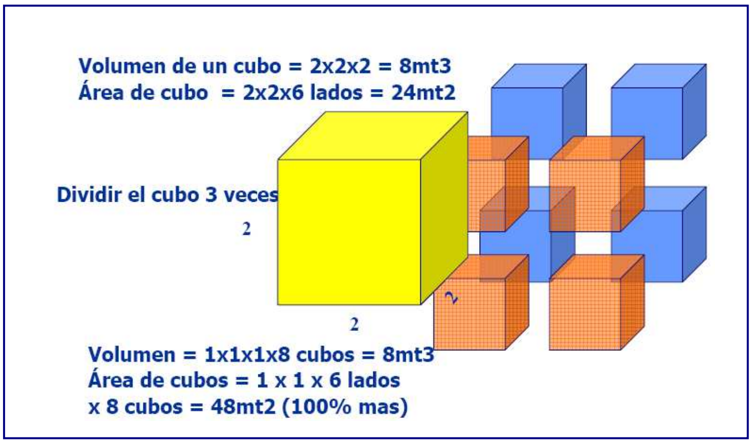


Fig. 1.3 Volumen vs. Área Superficial; fuente: “Curso de Control de Sólidos”, Brandt proporcionado en Octubre 2006

1.1.3 Volumen de Ripios.

Hay que recalcar que el volumen de los Ripios nunca es el volumen del hueco, el típico volumen de los ripios es aproximadamente de 1.5 a 3 veces el volumen del hueco y el volumen del líquido es de 3 a 30 veces el volumen del hueco.

El volumen extra viene de:

- Degradación de la partícula.
- Operaciones de Cementación y Completación
- Washouts del hueco
- Formaciones Hinchables
- Aditivos del lodo.
- Deficiente equipo de control de sólidos (ECS)

Para un pozo cualquiera X calcular el volumen total del Hueco directamente (sin necesidad de hacer conversiones por unidades) se pueden hacer uso de las siguientes ecuaciones:

$$\text{Ec.1.}-\left(\frac{\pi(\text{Rhueco, pulg})^{2}(0.1781)}{144}\right)(\text{prof, pies}) = \left[\text{bls}\right]$$

Ecuación 1, Cristina Ballesteros 2007

$$\text{Ec.2.}-\left(\frac{\pi(\text{Rhueco, pulg})^{2}(0.0519)}{42}\right)(\text{prof, pies}) = \left[\text{bls}\right]$$

Ecuación 2, según Manual de Dowell, Schlumberger, 1994

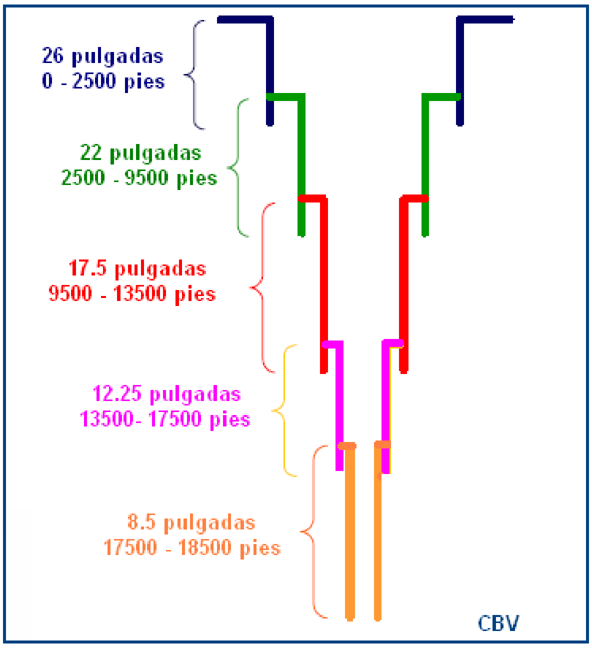
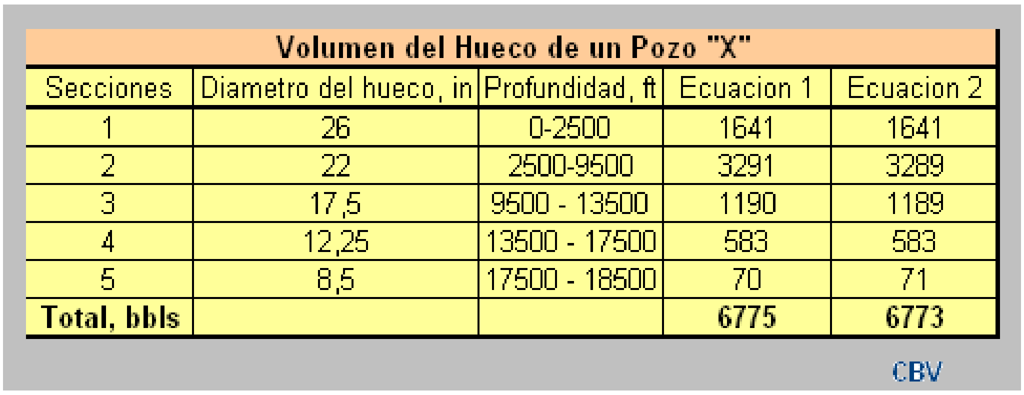


Fig. 1.4. Secciones perforadas de un pozo X, Cristina Ballesteros, mayo 2007.

Este pozo en especifico tiene una profundidad total (TD, por sus siglas en ingles Total Deph) de 18500 pies perforado en 5 secciones (azul, verde, rojo, fucsia y naranja respectivamente) para lo que el volumen del hueco (ojo!! No el volumen de ripios) según las ecuaciones antes expuestas, es el siguiente:



Volumen del Hueco de un Pozo "X"

Secciones	Diametro del hueco, in	Profundidad, ft	Ecuacion 1	Ecuacion 2
1	26	0-2500	1641	1641
2	22	2500-9500	3291	3289
3	17,5	9500 - 13500	1190	1189
4	12,25	13500 - 17500	583	583
5	8,5	17500 - 18500	70	71
Total, bbls			**6775**	**6773**

Tabla 1.2 . Volumen del hueco de un pozo X, Cristina Ballesteros, mayo 2007

1.2 Manejo de desechos de perforación

Para el manejo de los desechos de perforación en general deben seguirse los siguientes pasos:

- Colectar los desechos líquidos y sólidos generados en el sitio que se perforo, para esto usualmente se utilizan tanques de metal, barcazas o cajas

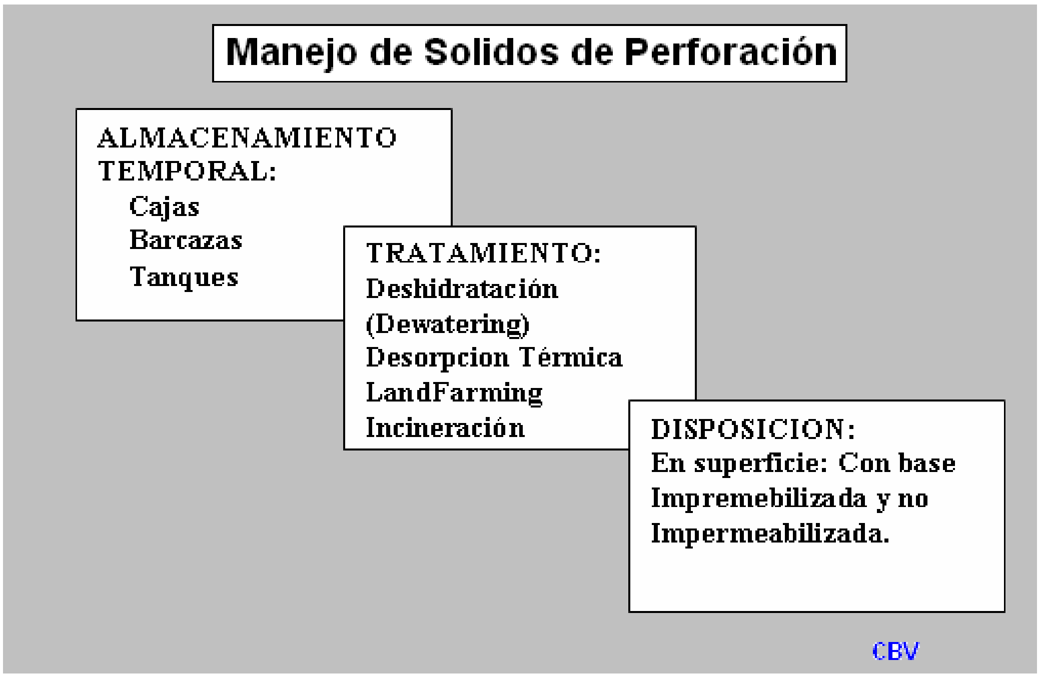
Fig. 1.5 Tanques de Metal para la colecta y almacenamiento temporal de Ripios de Perforación, fuente: Presentación “Waste Management”, Brandt, proporcionado en octubre 2006

- Mover los desechos a un área de Tratamiento, en el área de Fanny en el campo de Tarapoa ésto se lo hace fuera de la locación (ex situ) en los denominados “Centros de Acopio” lo cual ayuda a ahorrar espacio en locación, por lo general son piscinas o celdas de tratamiento impermeabilizadas.
- Cumplimiento de la Norma Medio Ambiental a aplicarse y verificación de la Normativa Legal en un laboratorio acreditado (se toman muestras

las cuales son enviadas a Quito para la verificar el cumplimiento de la Norma.)

- Disposición Final del Sólido tratado en piscinas impermeabilizadas y no impermeabilizadas.

Las siguientes son algunas de las técnicas que se aplican en la actualidad en cada uno de los pasos para el Manejo de sólidos de perforación y que analizaremos en el capitulo III.



Manejo de Solidos de Perforación

ALMACENAMIENTO TEMPORAL:
Cajas
Barcazas
Tanques

TRATAMIENTO:
Deshidratación (Dewatering)
Desorpcion Térmica
LandFarming
Incineración

DISPOSICION:
En superficie: Con base Impremebilizada y no Impermeabilizada.

Fig. 1.6. Proceso a seguir de los Ripios de Perforación, Cristina Ballesteros, mayo 2007.

1.3 Equipo de Circulación del Fluido de Perforación

Los tanques que contienen agua fresca contienen una línea que sale a las tolvas mezcladoras de químicos en donde se recircula por una línea que se encarga de llevar la mezcla agua-químicos a un tanque de homogenización el cual permite darle el acabado final al lodo donde dichos tanques están provistos por agitadores para una excelente mezcla. En el tanque de mezcla se homogenizan los químicos para darle las propiedades necesarias según el programa de perforación.

De los tanque de almacenamiento que tienen una capacidad de 400 bbls, este lodo pasa a traves de tres Bombas de Presion las cuales empujan el lodo por la manguera que se une al top drive pasando por el cuello de ganso o unión giratoria y permitiendo que dicho lodo llegue hasta los jets de la broca en el fondo del pozo para realizar sus tareas respectivas.

El lodo se devuelve a la superficie por el anulo llevando consigo los cortes o ripios del pozo y luego de pasar por el sistema de remoción de sólidos o Equipo de Control de Sólidos (ECS) parte de él regresa al sistema activo.

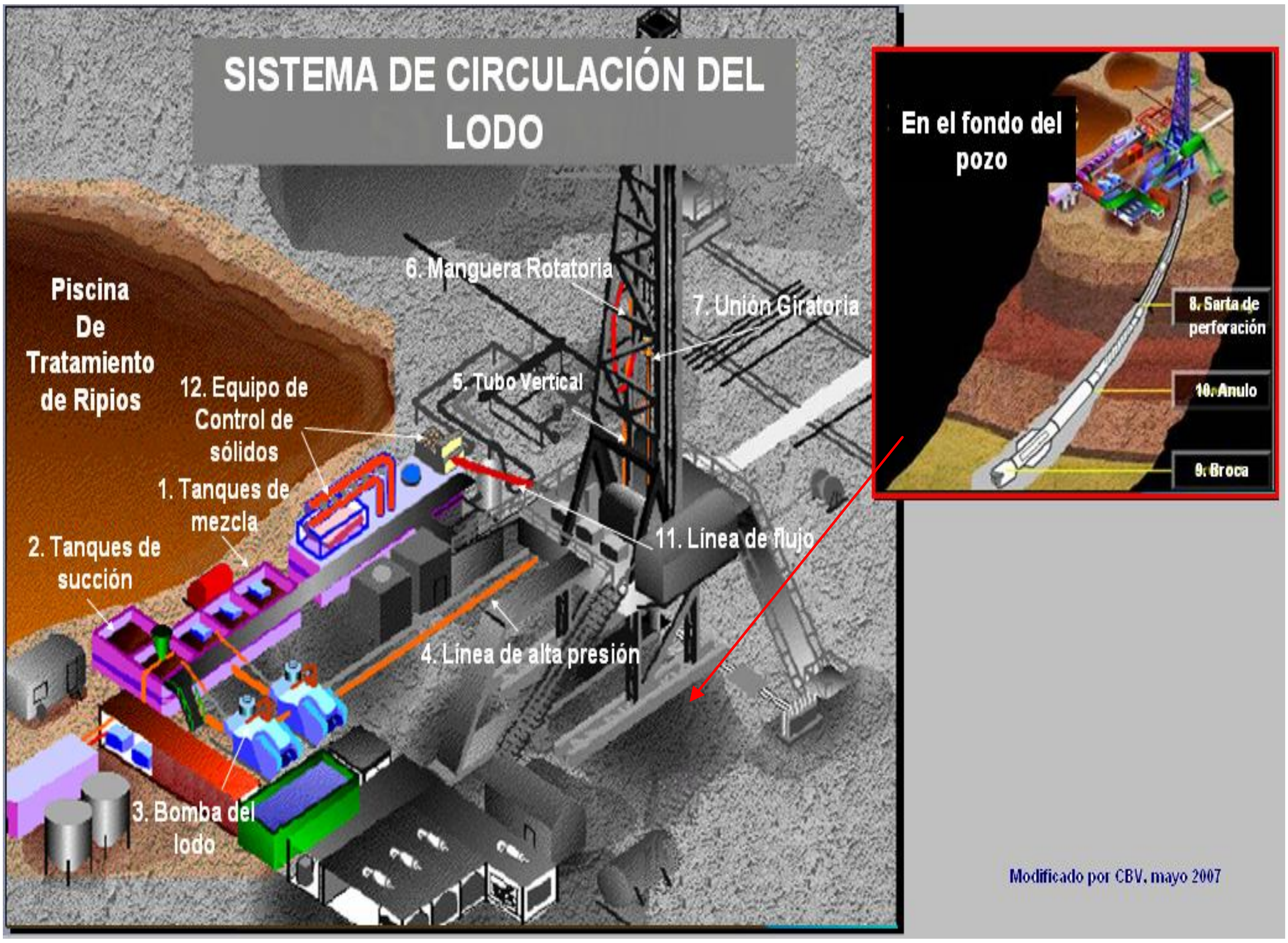


Fig.1.7 Circuito del Fluido de Perforación, fuente: Presentación realizada a la clase de Geología del Petróleo II, ESPOL, septiembre del 2006 y modificado por Cristina Ballesteros, mayo 2007

1.4 Selección de Ripios (Control de Sólidos)

El principal contaminante en un fluido de perforación lo representan los sólidos generados durante la perforación, los cuales se van incorporando al fluido, y a medida que son recirculados se reduce su tamaño y se dificulta su descarga del sistema. La remoción de éstos sólidos es uno de los aspectos más importantes del sistema de Control de lodo ya que de este depende la eficiencia de la perforación, representando así una significativa porción de todo los costos de perforación.

Los tipos y cantidades de sólidos presentes en el Sistema del Lodo determinan la densidad del fluido, la viscosidad, los geles, el filtrado, la calidad del cake y otras propiedades químicas y mecánicas. Los sólidos y su volumen también tienen influencia en los costos del lodo y el pozo en general, incluyendo factores como rata de perforación ROP, hidráulica, rata de dilución, torque y arrastre, pega diferencial, perdida de circulación, estabilidad del hueco, embolamiento de la broca y el ensamblaje de fondo. Esto a su vez influencia en el tiempo de vida de la broca, bombas y otros equipos mecánicos.

Los sólidos presentes en el lodo pueden ser separados dentro de dos categorías:

- **de alta gravedad (HGS) SG > 4.2**
- **de baja gravedad (LGS) 2.3<SG<–2.8**

Los sólidos comerciales tal como barita o hematina son de la categoría de HGS y son usados para alcanzar densidades altas como 10.0 bbls/gal (SG>4.2). Sólidos perforados, arcillas y otros aditivos del lodo caen dentro de la categoría de los LGS y a menudo son sólidos usados para obtener densidades hasta 10 lb/gal (SG<1.2).

1.4.1 Objetivos de Control de Sólidos

Los siguientes son los objetivos del Equipo de Control de Sólidos:

- Maximizar la extracción de sólidos perforados
- Minimizar las perdidas de lodo
- Minimizar la perdida de sólidos comerciales (barita)
- Devolver lodo limpio al pozo

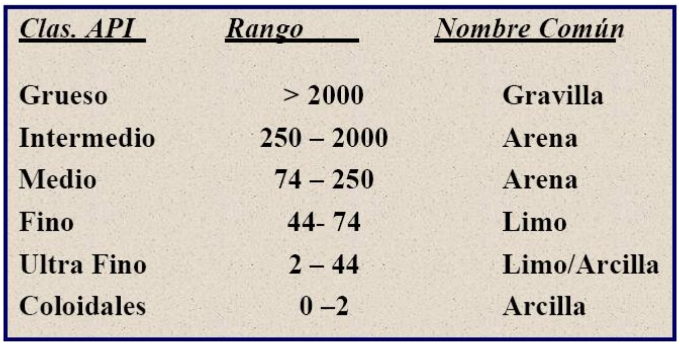
1.4.2 Clasificación del Tamaño de Partículas

Es importante entender como el tamaño de partículas en el lodo están clasificadas y los tipos de sólidos que caen dentro de cada categoría.

Debido a que hay partículas extremadamente pequeñas, los tamaños son también expresados en micrones. Un micrón es un millonésimo de un metro (1/1’000000 o 1E-6m). Asi:

1 pulg. = 25400 micrones

La siguiente tabla y figura muestran la clasificación de partículas por su tamaño en micrones.



Clas. API	*Rango*	*Nombre Común*
Grueso	**> 2000**	**Gravilla**
Intermedio	**250 – 2000**	**Arena**
Medio	**74 – 250**	**Arena**
Fino	**44- 74**	**Limo**
Ultra Fino	**2 – 44**	**Limo/Arcilla**
Coloidales	**0 –2**	**Arcilla**

Tabla 1.8 Clasificación de la Partícula por su tamaño, fuente: “Curso de Control de Sólidos”, Brandt, proporcionado en octubre 2006.

1.4.3 Equipo de Control de Sólidos

1.4.3.1 Zarandas Vibratorias (Shale Shakers)

El más importante dispositivo del Equipo de Control de Sólidos (ECS) son las zarandas vibratorias, los cuales son mallas separadoras vibradoras usadas para remover los cortes de perforación proveniente del lodo, remueve grava, arena gruesa y fina con mallas de 24 mesh a 325 mesh y pueden remover cortes relativamente secos. Estos representan la primera línea de defensa contra la acumulación de sólidos.

Este equipo mecánico no puede remover limonitas y sólidos coloidales, es así que la dilución y otro equipo son requeridos para sólidos perforados ultra finos.

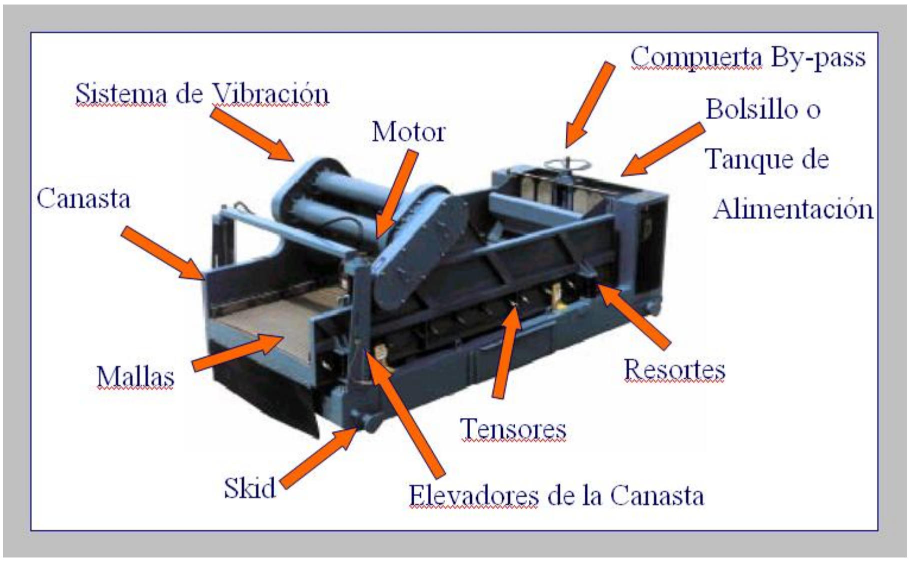


Fig.1.9 Zaranda Vibratoria, fuente: "Curso de Control de Sólidos 2" de Brandt, proporcionado en octubre 2006

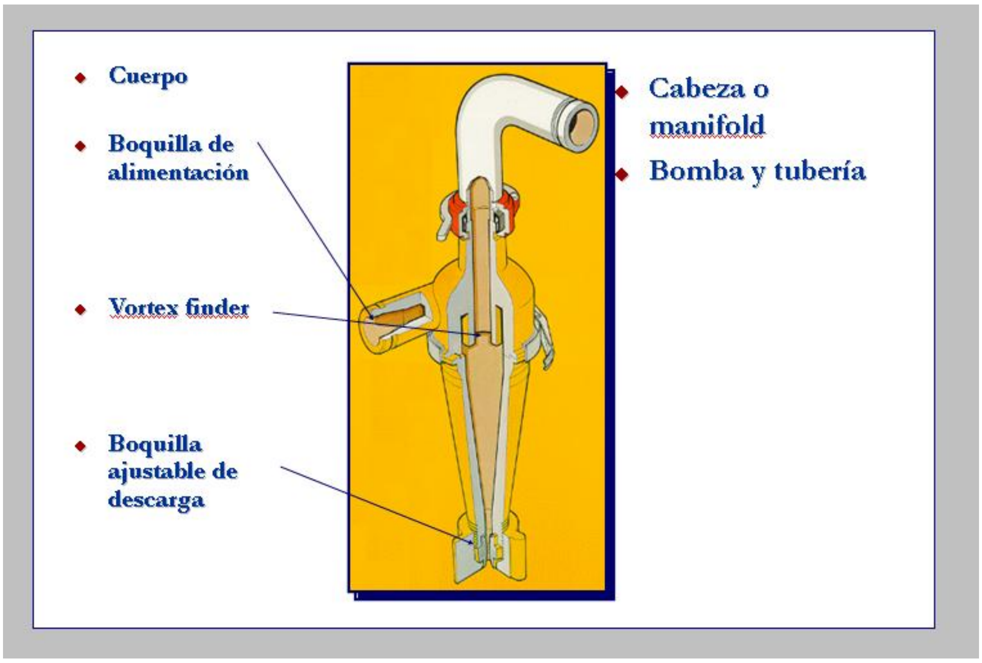
1.4.3.2 Tamices (Shakers Screens)

Los tamices no son más que mallas diseñadas para retener partículas sólidas. La eficiencia de un tamiz son la finura de la malla y el diseño.

Screen mesh: El tamaño de la abertura del tamiz determina el tamaño de las partículas que un tamiz puede remover. La malla es el numero de aberturas pro pulgada línea medidas desde el centro del alambre. Por ejemplo un tamiz de malla 70 *30 (abertura rectangular) tiene 70 aberturas a lo largo de una línea de una pulgada en un sentido y 30 aberturas a lo largo de una línea de una pulgada perpendicular a la primera. Otra manera de decirlo es por ejemplo que una malla numero 10 contiene 10 huecos en una pulgada cuadrada y que una malla numero 400 contiene 400 huecos en una pulgada cuadrada.

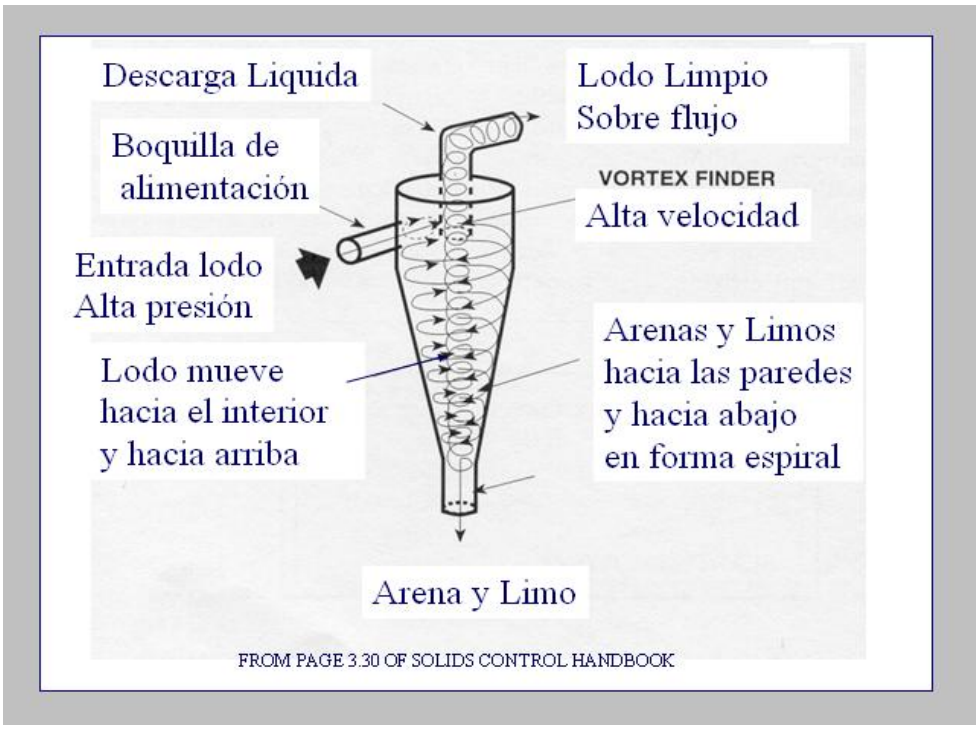
1.4.3.3 Hidrociclones.

Hidrociclones están disponibles en conos con diámetros de 1 a 12 pulgadas. Los hidrociclones fueron usados primeramente para reducir el contenido de arena (sólidos más grandes de los 74 micrones). Por lo tanto, hidrociclones con diámetros de 6 pulgadas o mas grandes están identificados como desarenadores.



- **Cuerpo**
- **Boquilla de alimentación**
- **Vortex finder**
- **Boquilla ajustable de descarga**
- **Cabeza o manifold**
- **Bomba y tubería**

Fig.1.10 Partes de un Hidrociclon, fuente: Curso de Control de Sólidos 2” de Brandt, proporcionado en octubre 2006.



FROM PAGE 3.30 OF SOLIDS CONTROL HANDBOOK

Fig.1.11 Funcionamiento de un Hidrociclón, fuente: Curso de Control de Sólidos 2” de Brandt, proporcionado en octubre 2006.

1.4.3.4 Desarenadores (Desanders)

El desarenador de ciclón viene de 10 y 12 pulgadas de diámetro (los conos desarenadores de 10 pulgadas de diámetro son recomendables ya que proveen la mejor combinación de separación y capacidad), reduce el contenido de arena en la mayoría de los fluidos de perforación convencionales. También ayudan a limitar la reparación y reemplazo de partes de bombas dañadas por fluidos de perforación que contienen sustancias abrasivas. Son recomendados cuando los agitadores no pueden separar hasta 100 micrones (malla 140) o cuando aperturas más grandes son perforadas a 100 pies por hora o más rápido.

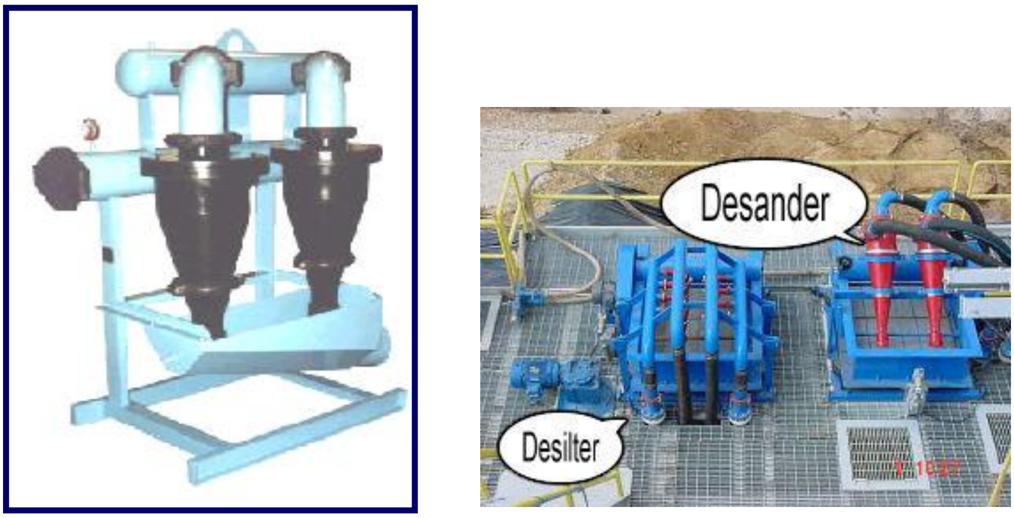


Fig.1.12 Desarenador, fuente Internet, mayo 2007

1.4.3.5 Deslimadores (Desilters)

El deslimador puede remover partículas de tamaño de limo y arena fina provenientes de los fluidos de perforación. Cuando se utiliza adecuadamente, remueve prácticamente todas las partículas de limo de más de 25 micrones. Ambos deslimador y desarenador son usados primordialmente cuando se perfora en hueco superficial donde lodos de bajo peso son usados.

Fig. 1.13 y 1.14. Deslimador, fuente Internet, mayo

1.4.3.6 Limpiadores de Lodo (Mud Cleaners)

Los limpiadores de lodo son sistemas de procesamiento de separación de dos etapas que comprenden varias combinaciones de hidrociclones desarenadores y deslimadores montados sobre una zaranda y diseñados para operar como una sola unidad. –generalmente 12 o mas hidrociclones de 4 pulgadas por encima de finas mallas con zarandas de alta energía.

Un mud cleaner removerá sólidos perforados del tamaño de la arena y recupera barita de la descarga de los hidrociclones. Usa mallas hasta 325 mesh (250 mesh es la mas típica). En lodos sin mucho peso, el limpiador de lodo debe de utilizarse como un deslimador.

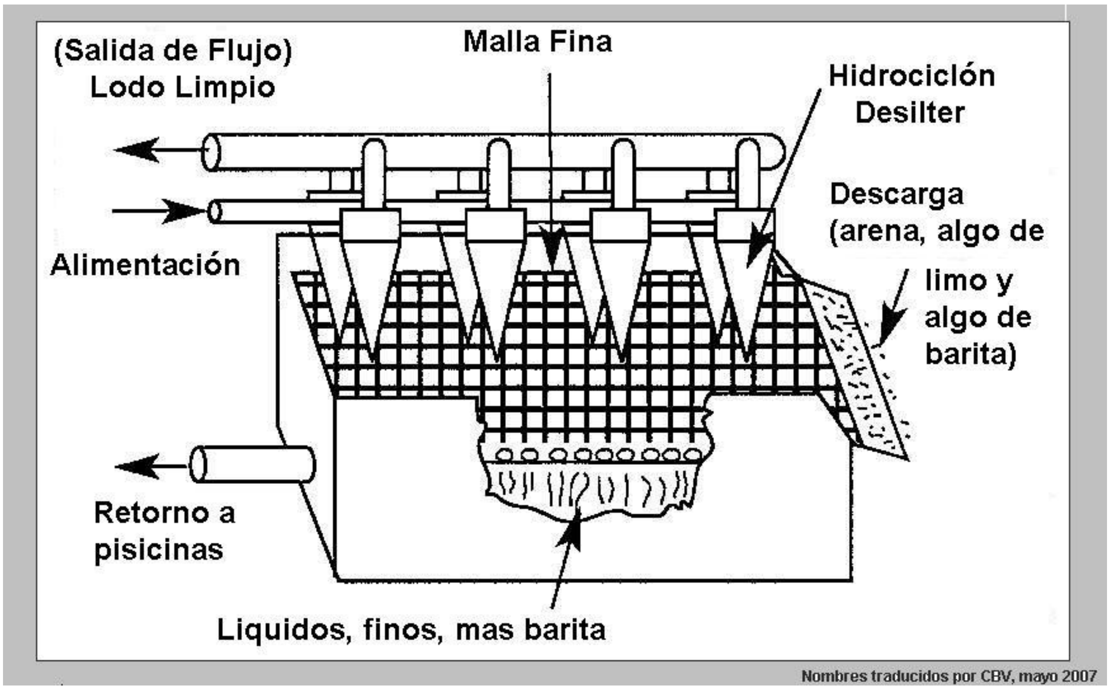


Fig. 1.15 Limpiador de Lodo, fuente: “Solids Control” chapter 8, marzo 1998; nombres traducidos al español por Cristina Ballesteros, mayo 2007

Fig.1.16 Limpiador de Lodo, fuente: Internet, mayo 2007

1.4.3.7 Centrifugas

Como los hidrociclones, centrifugas de decantación incrementan la fuerza causando separación de sólidos mediante el incremento de fuerza centrifuga.

En los sistemas de fluidos de perforación densificados, las centrífugas de decantación recuperan hasta un 95% de barita, la cuál se regresa al sistema activo al mismo tiempo que se desechan los sólidos más finos y de gravedad específica más baja. En los sistemas de deshidratación mejorados químicamente, las centrífugas disminuyen en gran medida los volúmenes de descarga de líquidos y mejoran palpablemente la eficiencia del sistema de control total de sólidos.

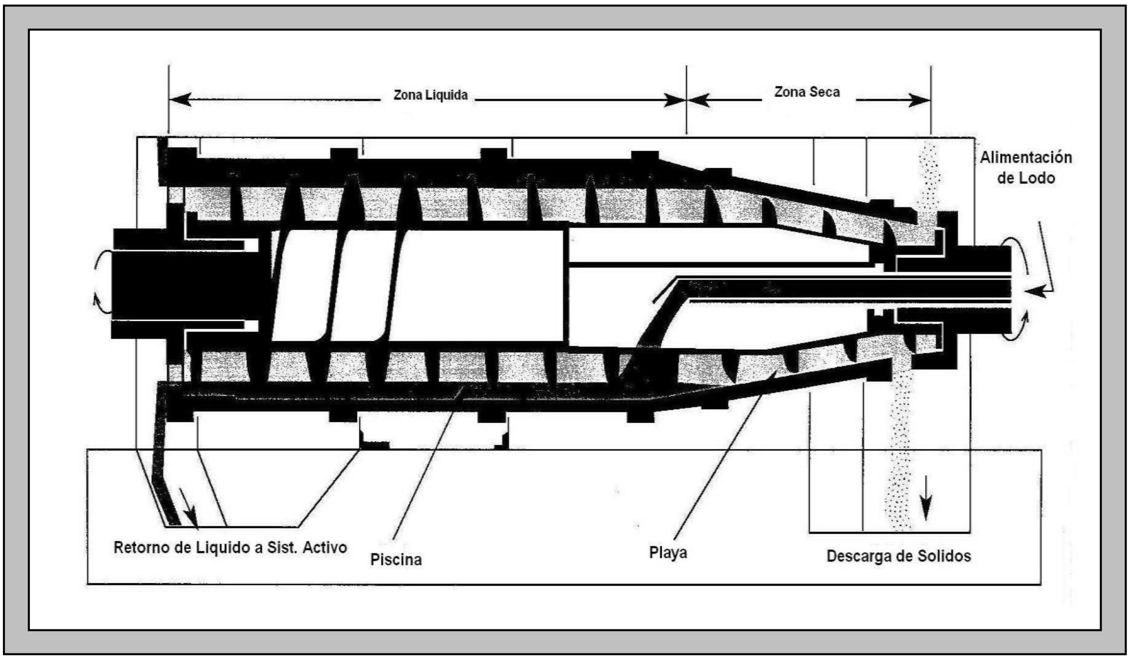


Fig.1.17 Centrifuga, fuente: “Solids Control” chapter 8, marzo 1998; nombres traducidos al español por Cristina Ballesteros, mayo 2007

1.5 Deshidratacion (Dewatering)

Deshidratación o Dewatering es el proceso mediante el cual se separa la parte liquida y sólida del Fluido de Perforación; es decir, el procedimiento de Dewatering contempla el tratamiento por medio de la deshidratación de los volúmenes de lodo o de agua lodosa provenientes del sistema activo, de los canales perimetrales, del cellar, de los tanques de tratamiento de aguas (flocs) y de la trampa de aceite y la posterior disposición adecuada de los sólidos generados y tratamiento del agua producida; para todo este proceso se utiliza polímeros y asi separar hasta las partículas mas finas y disminuir el contenido de sólidos en el agua hasta menos de un 1%.

Al finalizar la perforación de una sección determinada, todo el lodo del sistema deberá ser deshidratado (Dewatering) y el efluente líquido debe enviarse a las piscinas de tratamiento de agua y los sólidos serán descargados en los tanques abiertos para su disposición en la zona de cortes.

1.5.1 Componentes de la Unidad de Deshidratación (Dewatering):

- Centrifuga con su bomba de alimentación
- Tanque de recepción
- Tanque de premezcla de químicos
- Bomba de inyección y mezcla (Desplazamiento positivo)
- Bombas de transferencia.

1.5.2 Procedimiento a seguir para la operación de Deshidratación (Dewatering)

- Coordinar la cantidad de lodo que se va a recibir y su procedencia.
- Informar al Ing. de Lodos y Geología la tasa a la cual se va a tomar el lodo de la centrifuga.
- Realizar las pruebas de jarras con el Equipo de Jarras o Jar Test para determinar las concentraciones optimas de s de coagulante y/o floculante que se van a utilizar en el proceso.

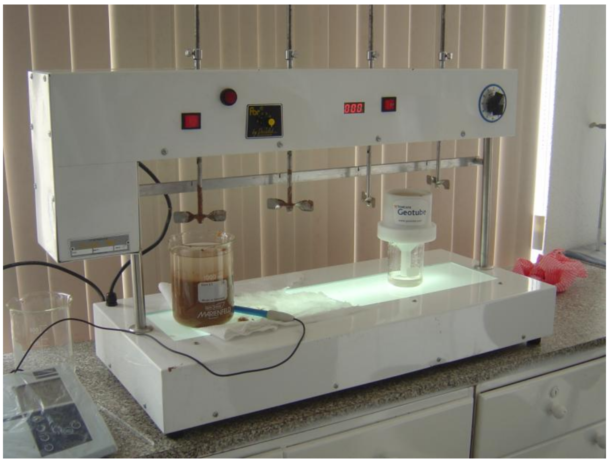


Fig.1.18 Equipo de Jarras, Cristina Ballesteros, abril 2007.

- Revisión general del equipo.
- Verificar que todas las conexiones de succión o descarga estén bien conectadas.

- Revisar que las válvulas de drenaje estén abiertas o cerradas según corresponda.
- Verificar como están ajustados los equipos.
- Revisar el estado mecánico de los cables eléctricos de alimentación y conexiones.
- Revisar el estado de acoples y mangueras.
- Alimentar la centrifuga de Deshidratación (Dewatering).
- Dosificar el polímero en la línea de alimentación de la centrifuga.
- Ajustar la calidad del agua separada ya sea químicamente aumentando la dosificación de polímero y/o ácido mecánicamente aumentando la piscina de la centrifuga.
- Tomar parte del volumen de agua separada para diluir el lodo y preparar nuevamente polímero.
- Coordinar la posición tanto del agua como los sólidos de acuerdo al Plan de Manejo Ambiental del pozo.

Durante la perforación se debe evitar el incremento de volumen de fluido. El efluente del proceso de Deshidratación (Dewatering) se lo recicla en su totalidad 100% en diluciones (si la prueba de compatibilidad lo permite) en lavado de taladro y/o enfriamiento de las bombas.

CAPITULO 2

2. MARCO LEGAL Y REGULACIONES QUE RIGEN EL MANEJO DE LOS RIPIOS DE PERFORACION

Introducción

La mayoría de los desechos (cortes) generados en la perforación de pozos con lodo (base agua generalmente) son clasificados por las autoridades ambientales ecuatorianas como un desecho no peligroso, y podrán disponerse una vez que cumplan los parámetros y límites de la Tabla No. 7 del Anexo 2 del Reglamento Ambiental 1215 del 13 de febrero del 2001.

2.1 Estructura Legal Aplicable

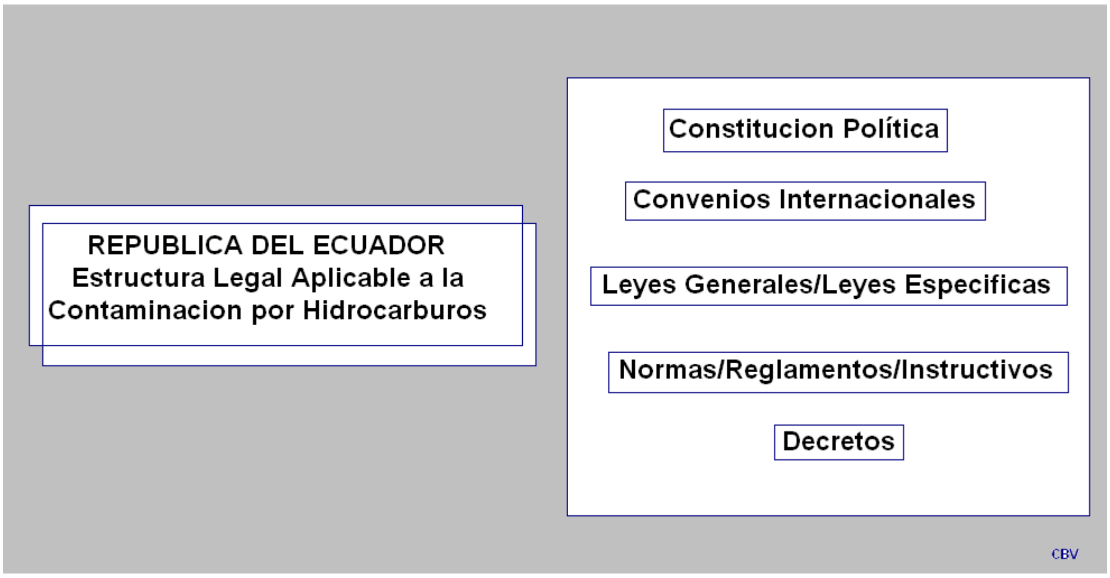


Fig2.1. Estructura Legal Aplicable a la Contaminación por Hidrocarburos, Cristina Ballesteros, mayo 2007.

La *Industria Petrolera* se encuentra normada por la Constitución Política de la República del Ecuador, la Ley de Hidrocarburos y sus reglamentos.

La Ley de Hidrocarburos, Artículo 31, establece que “PETROECUADOR y sus contratistas o compañías asociadas para la exploración, explotación, refinación, transportación, y mercadeo de hidrocarburos están obligadas a realizar las operaciones petroleras de acuerdo con las leyes y regulaciones pertinentes a la protección ambiental y a la seguridad del país, mientras que al mismo tiempo se mantengan dentro de las prácticas internacionales en materia de la preservación de la salud ictiológica y de la industria de la ganadería". Decreto Ejecutivo 2982 publicado en el Registro Oficial No. 766 del 25 de agosto de 1995 y al Substitutivo 1215 de Febrero 13 del 2001.

La norma reglamentaria abarca lo concerniente a la prospección, exploración, explotación, refinación, industrialización, almacenamiento, transporte y comercialización de los hidrocarburos y de sus derivados.

El Ministerio de Energía y Minas regula el sector hidrocarburífero. La Dirección Nacional de Hidrocarburos, organismo técnico-administrativo, controla, fiscaliza y audita las operaciones hidrocarburíferas, siendo el control un servicio que el Estado presta a la colectividad para asegurar el cumplimiento de las disposiciones constitucionales, legales y reglamentarias y verifica que sus derechos no sean vulnerados.

Las personas participantes en las actividades hidrocarburíferas están en la obligación de cumplir las normas hidrocarburíferas en el ámbito de su competencia y las relacionadas con la protección del medio ambiente.

2.2 Relación con la parte Medio Ambiental

Un punto importante es la Parte Medio Ambiental asociada a las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador, pues, es el Estado, a través de sus instituciones, sus organismos, dependencias, los funcionarios públicos, así como, las personas naturales y jurídicas, publicas y privadas que está compelido a adoptar las medidas necesarias para proteger el medio ambiente para las generaciones actuales y futuras del Ecuador.

El Ministerio de Energía y Minas, a través de la Subsecretaría de Protección Ambiental, han establecido reglas claras en materia socio-ambiental con el fin de que las operaciones hidrocarburíferas que se desarrollan en el País se efectúen eficientemente y que los distintos actores se constituyan en entes responsables de su monitoreo, control, fiscalización y auditoria ambiental.

A continuación se señalan las disposiciones normativas que reglamentan las operaciones hidrocarburíferas en materia ambiental:

- Ley de Gestión Ambiental
- Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas (RAOH)
- Instructivo para la Calificación y Registro de Consultores Hidrocarburíferos.
- Decreto Ministerial 092.

2.2.1 Resumen de la Estructura Legal relacionada a la Parte Medio Ambiental

- **1743.** Normas para la Prevención, Control y Rehabilitación del Medio Ambiente en las actividades Hidrocarburíferas de Exploración y Explotación en los Parques Nacionales o equivalentes.

  RO 4 del 16 de Agosto de 1988.

- Convenio de Brasilea "Control de los movimientos transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su eliminación" vigente desde 1992 para la elaboración del Reglamento Ambiental para las Actividades Hidrocarburíferas en el Ecuador.

- **621.** Expídese el Reglamento Ambiental para las Actividades Hidrocarburíferas en el Ecuador. *RO 888 del 6 de Marzo de 1992.*

- **677.** Refórmase el Reglamento Ambiental para las Actividades Hidrocarburíferas en el Ecuador. RO 995 del 7 de Agosto de 1992.

- **DE 2982.** Expídese el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. *RO 766 del 24 de Agosto de 1995.*

- **DECRETO nº 1215**, que aprueba el Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas. *RO 265, 13 de Febrero de 2001.*

- **Decreto 141.** Expídase el instructivo para la calificación y registro de consultores ambientales hidrocarburiferos
RO 305, de 12 de Abril de 2001

- **230 (Ministerio de Energía y Minas).** Expídese la reforma al Instructivo para la calificación y registro de consultores ambientales hidrocarburíferos.
RO 477, 19 de Diciembre del 2001.

- **040 (Ministerios del Ambiente y de Energía y Minas).** Expídese el instructivo para la emisión de informes previos a la aprobación de estudios de impacto ambiental en áreas del patrimonio forestal del Estado y bosques y vegetación protectores.
RO 571, 8 de Mayo de 2002.

- **Decreto 092.** Licencia respectiva otorgada por el Ministerio del Ramo que conforme el mandato del artículo 20 de la Codificación de la Ley de Gestión Ambiental dispone para el inicio de toda actividad que suponga Riesgo Ambiental, dado en el Distrito Metropolitano de la Ciudad de San Francisco de Quito el 18 de diciembre del 2006.

2.2.2 Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas (RAOH)

En cuanto al Tratamiento y Disposición de Líquidos y Sólidos de Perforación, el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas refiere lo que se encuentra en el Anexo del Capitulo II de éste trabajo que haciendo un resumen de éste, dice lo siguiente:

- En el articulo 52 en su literal d2 dice que en todo sitio de perforación (en tierra o costa fuera (offshore)) se debe disponer de un sistema de Tratamiento de Líquidos y Sólidos de Perforación; que los fluidos líquidos tratados deberán reciclarse y/o disponerse según el art. 29 y que los desechos sólidos (lodos de decantación y ripios de perforación tratados) podrán disponerse una vez que cumplan con los parámetros de la Tabla 7 del Anexo 2 del RAOH y un posterior seguimiento a los

7 días, 3 meses y 6 meses además del análisis inicial para la disposición final.

- El articulo 28 del capitulo III en su literal c expone que se prohíbe la disposición no controlada de cualquier tipo de desecho y las piscinas de disposición final contaran con un sistema adecuado de canales para el control de lixiviados, tratamiento y monitoreo de éstos previo a su descarga.

- El artículo 56 enuncia que los fluidos y/o ripios de perforación podrán ser tratados y dispuestos o inyectados, conforme a lo establecido en el artículo 29 del Reglamento.

- En el capitulo 29 se expone que las aguas lluvias (agua proveniente de precipitaciones) y de escorrentías (caudal superficial de aguas, procedentes de precipitaciones, que corre en la superficie en un corto plazo de tiempo), aguas grises y negras y aguas residuales respectivamente, deberán tratarse por separado mediante un sistema de segregado de drenaje para garantizar su adecuada disposición; además expone, que todo efluente liquido proveniente de las diferentes fases de operación en la perforación deberán ser descargadas al entorno (a cuerpos de agua (son los charcos temporales, esteros, manantiales, marismas, lagunas, lagos, mares, océanos, ríos, arroyos, reservas subterráneas, pantanos y cualquier otra acumulación de agua.)) pero no sin antes haber cumplido con los limites permisibles de la Tabla 4 del Anexo 2 del Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas (RAOH), ó bien éstos desechos líquidos, aguas de producción y aguas de formación deben ser tratadas y luego podrán ser inyectadas y dispuestas siempre que se cuente con el estudio de la formación receptora aprobado por la Dirección Nacional de Hidrocarburos (DNH) en coordinación con la Subsecretaria de Protección Ambiental. De la misma manera este capitulo expone que las aguas negras (proveniente de los baños o aguas servidas) y grises (agua domestica proveniente de cocina y lavandería) deberán ser tratadas antes de su descarga a cuerpos de agua, de acuerdo a los parámetros y límites constantes en la Tabla No. 5 del Anexo 2 del Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas.

- El articulo 59 en su literal b señala que las piscinas secas que no contienen agua pero si crudo o lodos de perforación en su fondo serán remediadas conforme a lo establecido en los puntos a.3), a.5), a.6) y a.7) de ese artículo, hasta que cumplan con los límites establecidos en las Tablas No. 6 y 7 del Anexo 2 de este Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas (RAOH), los cuales exponen respectivamente lo siguiente:

- Uso de la tecnología de biorremediación con microorganismos endémicos (organismo oriundo del país o la región donde habita) en la propia piscina o ex – situ en el caso de que el crudo no pudiese ser recuperado.
- Una vez evacuado el crudo, el suelo del fondo y las paredes de la piscina debe tratarse conforme lo establecido en el punto anterior hasta que cumpla con los parámetros y límites establecidos en la Tabla No. 6 del Anexo 2 de este Reglamento, procediendo luego de esto a la rehabilitación del sitio (taponamiento de la piscina y revegetación)
- Los desechos sólidos de la piscina a tratar deben ser clasificados y almacenados temporalmente en sitios preparados con geomembranas donde los desechos sólidos orgánicos se podrán tratar ahí mismo con tecnologías aceptadas ambientalmente conforme el Programa de Remediación antes realizado; y

- Los desechos sólidos inorgánicos deben ser llevados del sitio para su tratamiento, reciclaje y/o disposición a incineradores con sobreoxigenación para una incineración controlada previa la autorización de la Dirección Nacional de Protección Ambiental (DINAPA) y conforme a los valores máximos referenciales establecidos en la Tabla No. 3 del Anexo 2 de este Reglamento.

ESQUEMA DE TRATAMIENTO

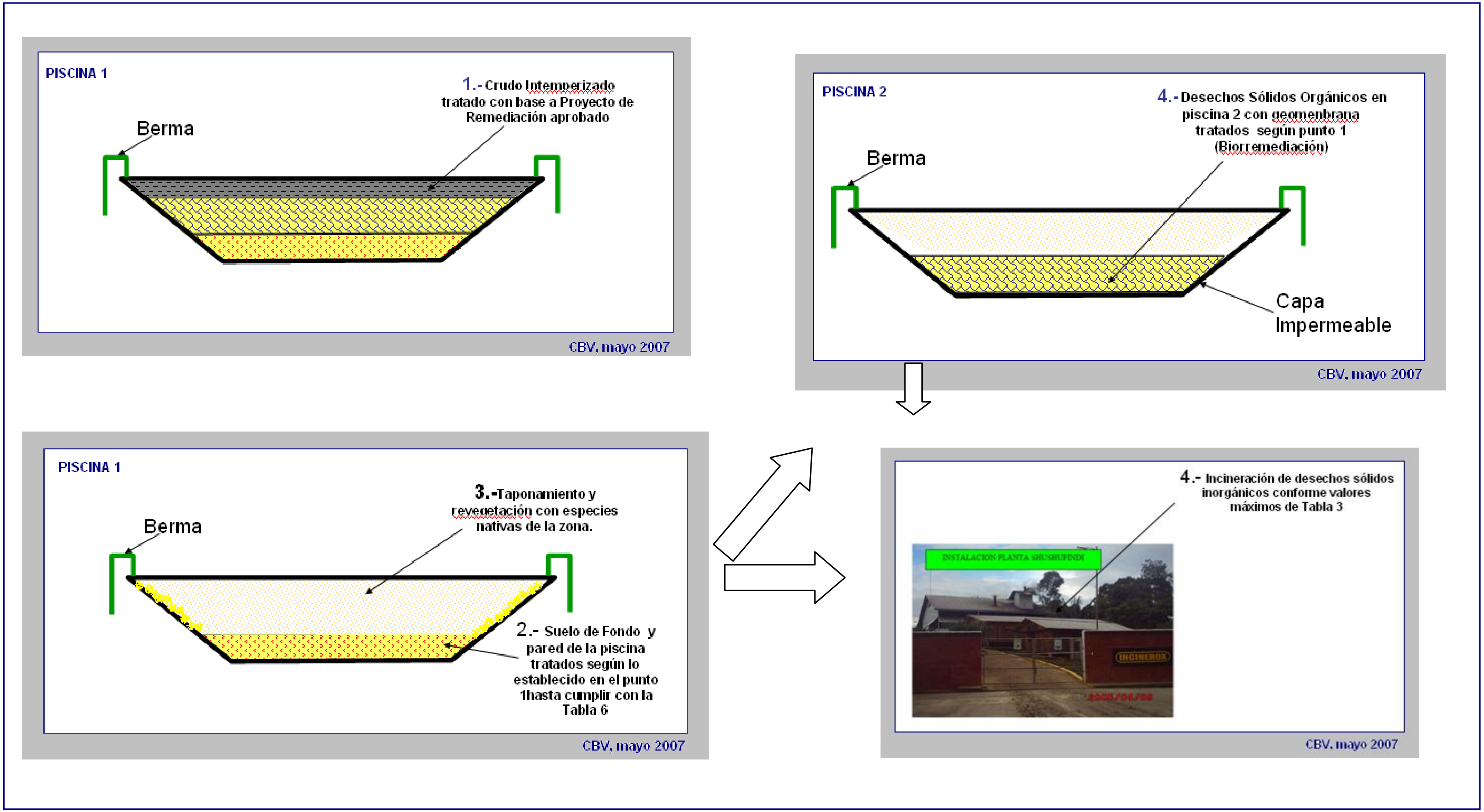


Fig.2.2 Grafico esquemático del Artículo 59 literal b del Reglamento Ambiental de Operaciones Hidrocarburíferas, Cristina Ballesteros, mayo 2007

2.3 Procesamiento de desechos sólidos y líquidos previo a su tratamiento.

Es muy importante proveer instrucciones operacionales y de contingencia para los procesos que involucran el Tratamiento de Ripios y Aguas proveniente del proceso de Perforación previo a su Disposición Final, cumpliendo con las Regulaciones ambientales emitidas bajo la Norma Ambiental Decreto 1215 del martes 13 de febrero del 2001 ya antes expuesta, para la descarga de cuerpos líquidos Tabla 4 y para el Tratamiento de la parte sólida, en este caso Ripios de Perforación la Tabla 7.

Los procedimientos contemplan:

Sólidos.- Tratamiento químico que consiste en la deshidratación de los cortes con sustancias específicas ya que menos humedad de los Cortes es más fácil manejarlos, esto se lo hace de acuerdo a la Tabla 7 del Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas (RAOH

Aguas.- Tratamiento químico por medio de coagulantes y floculantes a las aguas asociadas a las operaciones de perforación, y el complejo ajuste de parámetros físicos químicos y su respectiva descarga al medio ambiente después de cumplir con la Norma Ambiental del decreto 1215 Tabla 4.

2.3.1 Monitoreo de cortes tratados previo a su Disposición Final.

Se toman muestras de cortes tratados por cada pozo en varios puntos por el encargado del Tratamiento en la zona de disposición de cortes que contiene los cortes tratados en la sección perforada en particular, bajo la supervisión del Ing. Ambiental de la compañía Operadora para ser enviadas a los laboratorios especializados y calificados ya sea en Coca o en Quito.

Dichas muestras tomadas de los cortes tratados se lo hace según el cronograma tanto el Ing. Ambiental representante de la compañía operadora como un representante de la Dirección Nacional de Protección Ambiental (DINAPA). Estas muestras deben ser enviadas a los laboratorios externos acreditados en el

Ministerio de Energía para verificar el cumplimiento del Marco Legal según lo estipulado en la tabla 7A.

Las bolsas o fundas plásticas de 1 libra, debidamente etiquetados para lo análisis de Hidrocarburos Totales (por sus siglas en ingles TPH), lixiviados y metales pesados a cortes tratados deberán ser preparados por los laboratorios.

Las fundas plásticas que contiene la muestra deben estar plenamente identificadas por medio de una etiqueta, esto incluye:

- Ubicación exacta de muestreo
- Hora y fecha de muestreo
- Persona que tomo la muestra
- Tipo de muestra
- Leyenda “muestras exclusivas para análisis, sin valor comercial”
- Procedencia de los desechos.

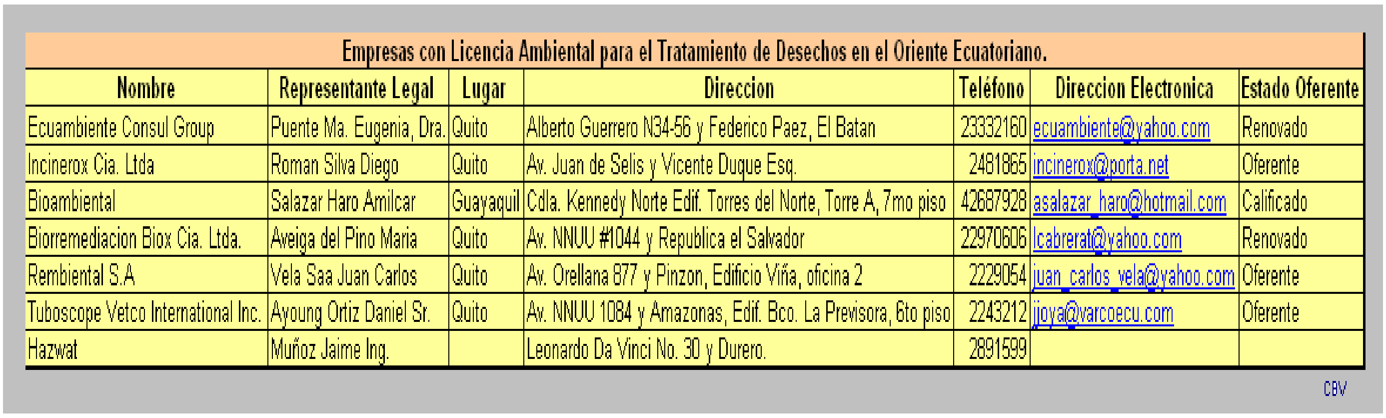
Fig. 2.3 . Funda de Ripio de Perforación; Cristina Ballesteros, Abril 2007.

Los reportes analíticos deben ser entrgados de forma impresa por lo laboratorios especializados en lo siguientes ocho (8) días laborables, y serán revisados por los encargados de la empresa Operadora y enviados a un ente Regulador.

2.3.2 Puntos a tomarse en cuenta al momento del Tratamiento de Ripios de Perforación.

El manejo de los ripios de perforación se realiza en la locación (In situ) por una Empresa que presta este tipo de Servicios o fuera de la locación (Ex Situ), en los llamados "Centros de Acopio" (ya sean los terrenos de la Operadora o de la Empresa de Servicios, es así que la forma de manejo de desechos depende principalmente de las características de la región (tipo de suelo, nivel freático, topografía, etc). La decisión de cual alternativa usar depende principalmente de los parámetros a regularse, de la cantidad de desechos a disponer, del área asignada para la disposición, tipo de agente fijador seleccionado, etc.

En el Oriente Ecuatoriano las empresas que tienen licencia Ambiental para el tratamiento de Ripios y afines son las siguientes:



Empresas con Licencia Ambiental para el Tratamiento de Desechos en el Oriente Ecuatoriano.

Nombre	Representante Legal	Lugar	Direccion	Teléfono	Direccion Electronica	Estado Oferente
Ecuambiente Consul Group	Puente Ma. Eugenia, Dra.	Quito	Alberto Guerrero N34-56 y Federico Paez, El Batan	23332160	ecuambiente@yahoo.com	Renovado
Incinerox Cia. Ltda	Roman Silva Diego	Quito	Av. Juan de Selis y Vicente Duque Esq.	2481865	incinerox@porta.net	Oferente
Bioambiental	Salazar Haro Amilcar	Guayaquil	Cdla. Kennedy Norte Edif. Torres del Norte, Torre A, 7mo piso	42687928	asalazar_haro@hotmail.com	Calificado
Biorremediacion Biox Cia. Ltda.	Aveiga del Pino Maria	Quito	Av. NNUU #1044 y Republica el Salvador	22970606	lcabrerat@yahoo.com	Renovado
Rembiental S.A	Vela Saa Juan Carlos	Quito	Av. Orellana 877 y Pinzon, Edificio Viña, oficina 2	2229054	juan_carlos_vela@yahoo.com	Oferente
Tuboscope Vetco International Inc.	Ayoung Ortiz Daniel Sr.	Quito	Av. NNUU 1084 y Amazonas, Edif. Bco. La Previsora, 6to piso	2243212	jjoya@varcoecu.com	Oferente
Hazwat	Muñoz Jaime Ing.		Leonardo Da Vinci No. 30 y Durero.	2891599		

Tabla 2.1 Listado de Empresas con Licencia Ambiental, Cristina Ballesteros, mayo 2007

Los principales parámetros que tienen que ser evaluados y regulados son:

(1) Hidrocarburos Totales (TPH Total Petroleum Hydrocarbons por sus siglas en inglés) *

Se usan para describir una gran familia de varios cientos de compuestos químicos originados de petróleo crudo y debido a muchos productos químicos diferentes en el petróleo crudo y en otros productos de petróleo, no seria práctico medir cada uno en forma separada. Los TPH son una mezcla de productos químicos compuestos principalmente de hidrógeno y carbono, llamados hidrocarburos. Algunas sustancias químicas que pueden encontrarse en los TPH incluyen a hexano, combustibles de aviones de reacción, aceites minerales, benceno, tolueno, xilenos, naftalina, y fluoreno, como también otros productos de petróleo y componentes de gasolina.*

METODO ANALITICO: Extracción con cloruro de metileno, cromatografía de gases y determinación FID (GC/FID). Alternativa: Extracción con freón, remoción de sustancias polares en el extracto y determinación por espectroscopía infrarrojo, según el Anexo 5 del Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas (RAOH). Según dicho Reglamento en su tabla 7 donde están regulados los Limites permisibles de lixiviados para la Disposición final de lodos y ripios de perforación en superficie establece que sin base impermeabilizada los TPH deben se menor que uno miligramos por litro (<1 mg/lt) y con base impermeabilizada menor que 50 miligramos por litro (<50 mg/lt).

---

* Tomado del paper de Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), División de Toxicología TosFAQs^{TM}, Agosto de 1999.

(2) Conductividad

La conductividad eléctrica se utiliza para determinar la salinidad (contenido de sales) de suelos y substratos de cultivo, ya que se disuelven éstos en agua y se mide la conductividad del medio líquido resultante. Coexisten muchas unidades de expresión de la conductividad para este fin, aunque las más utilizadas son dS/m (deciSiemens por metro), mmhos/cm (milimhos por centímetro) y según los organismos de normalización europeos mS/m (miliSiemens por metro).

METODO ANALITICO: Determinación con electrodo calibrado en dos puntos, según el Reglamento Ambiental de las Operaciones Hidrocarburíferas (RAOH) en su Anexo 5. y de acuerdo a dicho Reglamento en su Tabla 7 donde están regulados los Limites permisibles de lixiviados para la Disposición final de lodos y ripios de perforación en superficie establece que sin base impermeabilizada la conductividad debe ser 4000 micro Siemens por centímetro (4000 µS/cm) y con base impermeabilizada 8000 micro Siemens por centímetro (8000 µS/cm)

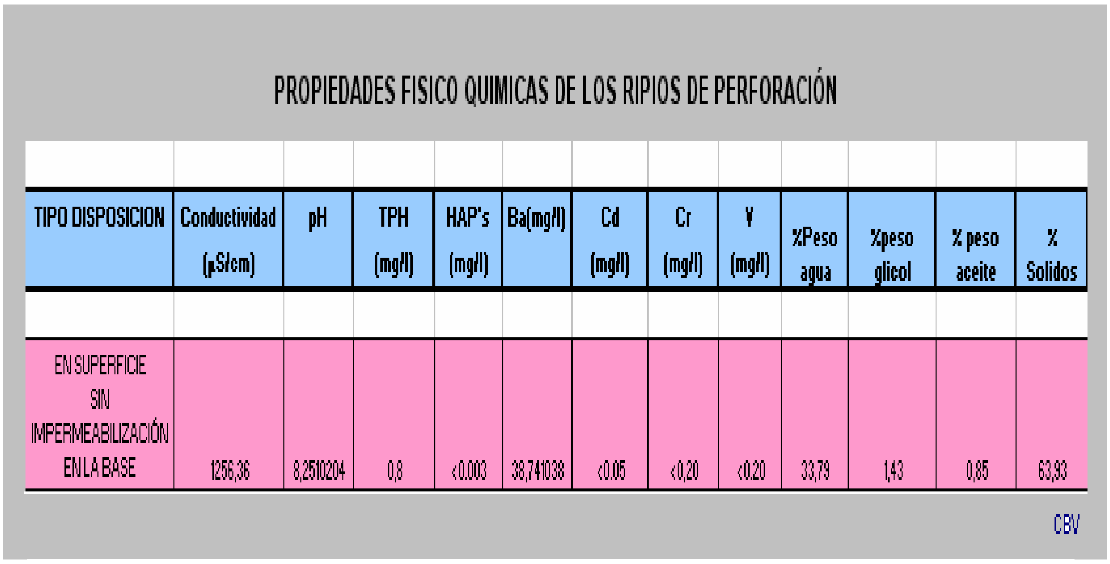
(3) pH

Relación entre la concentración de iones hidrógeno (H+) y oxhidrilos (OH-) que le confiere las características de alcalinidad o de acidez a una solución. El pH del agua natural depende de la concentración de anhídrido carbónico, consecuencia de la mineralización de las sales presentes en el agua.

METODO ANALITICO: Determinación potenciométrica con electrodo calibrado en dos puntos, según el Reglamento de Operaciones Hidrocarburíferas (RAOH) en su Anexo 5 y en dicho Reglamento en su tabla 7 donde establece los Limites permisibles de lixiviados para la Disposición final de lodos y ripios de perforación en superficie establece que sin base impermeabilizada el pH debe estar entre 6 y 9 y con base impermeabilizada debe estar entre 4 y 12.

Si todas las concentraciones de los parámetros evaluados están por debajo de los valores especificados en el Reglamento, el residuo requerirá un manejo y tratamiento mínimo y podrá ser dispuesto finalmente.

El cuadro siguiente describe los promedios de las características físico-químicas en el Área de Fanny del Campo Tarapoa tomando dos pozos patrones.



PROPIEDADES FISICO QUIMICAS DE LOS RIPIOS DE PERFORACIÓN

TIPO DISPOSICION	Conductividad (µS/cm)	pH	TPH (mg/l)	HAP's (mg/l)	Ba(mg/l)	Cd (mg/l)	Cr (mg/l)	V (mg/l)	%Peso agua	%peso glicol	% peso aceite	% Solidos
EN SUPERFICIE SIN IMPERMEABILIZACIÓN EN LA BASE	1256,36	8,2510204	0,8	<0.003	38,741038	<0.05	<0,20	<0.20	33,79	1,43	0,85	63,93

CBV

Tabla 2.2 Propiedades Físico Química de los Ripios de Perforación en el Área de Fanny, Tarapoa, Cristina Ballesteros, abril 2007

El instrumento de Retorta (ver punto 1.1.1 y fig. 1.1) ofrece un medio para la separación y medición de los volúmenes de agua, aceite y sólidos contenidos en una muestra de lodo de base agua. En el método de la retorta, un volumen conocido de una muestra de lodo completo se calienta para evaporar los componentes líquidos que después se condensan y recogen en un recipiente colector graduado. Los volúmenes de líquido se determinan directamente a partir de la lectura de las fases para el agua y el aceite, en el recipiente colector. El volumen total de sólidos se obtiene por la diferencia entre el volumen toral de la muestra menos el volumen de líquido.

El equipo siguiente se utiliza para separar y medir los volúmenes de agua, aceite y sólidos

a. Instrumento de Retorta - Generalmente las retortas vienen en dos tamaños (10cm^3 y 20 cm^3). Las especificaciones de la misma son:
    1. Taza de Muestra (de 10 cm^3 y 20 cm^3)
    2. condensador liquido – una masa suficientemente como para enfriar los vapores de agua y aceite por debajo de su temperatura de evaporación, antes que salgan del condensador.
    3. Dispositivo de calentamiento – con la suficiente potencia en vatios como para elevar la temperatura de la muestra por encima del punto de evaporación de los componentes líquidos, dentro de un tiempo de 15 min., sin hacer que los sólidos pasen al recipiente colector.
    4. Control de temperatura – limita la temperatura de la retorta a 930 ± 70^{o}F (500 ± 20^{o}C)

b. Colector de líquidos - cilindro graduado o tubo de material transparente.

“Manual API para Pruebas de Campo con Fluidos de Perforación de Base Agua, Sección 1, Pág. 29, 30”.

CAPITULO 3

3.- MANEJO DE RIPIOS DE PERFORACION

Introducción

Los tres procedimientos por los cuales pasa el desecho de perforación una vez que son descargados por el Equipo de Control de Sólidos (ECS) son:

- Almacenamiento Temporal
- Tratamiento y
- Disposición Final

Para llevar a cabo estos pasos se hace uso de algunas tecnologías aplicadas en el Ecuador y la alternativa a usar depende principalmente de los parámetros a regularse, de la cantidad de desechos a disponer, del área asignada para la disposición, tipo de agente fijador seleccionado, y de las características de la región (tipo de suelo, nivel freático, topografía, etc)

A continuación se detalla las tecnologías presentes en el país y fuera de él para el Manejo de Ripios y las ventajas y limitaciones que cada una de estas pueda tener.

3.1 Almacenamiento Temporal de los Ripios de Perforación.

Los ripios que son expulsados del Equipo de Control de Sólidos (ECS) son recibidos en piscinas de volúmenes pequeños para almacenarlos temporalmente llamada Catch Tank o Piscina de Cortes para luego ser traslados a un posterior tratamiento (algunas ocasiones tratan los ripios en la misma Piscina de Cortes. En el caso de que los cortes sean tratados en algún centro de Acopio (ex situ) y éstos no puedan salir de la locación entonces hay piscinas para estos casos llamadas piscinas de contingencia.

Todos los cortes de perforación provenientes de los equipos de control de sólidos son descargados dentro de un tanque de 40 pies (primer tanque el de las zarandas) por medio de bandejas metálicas. El lodo que se pierde por las zarandas es succionado del tanque de cortes y bombeado al sistema activo a través de las zarandas, o se bombea al sistema de Dewatering. Muchas veces este tanque no hace la vez de colector temporal sino que se podría tratar los ripios ahí mismo es asi que sí los cortes en el tanque están húmedos, se utilizará cal viva y/o silicato para deshidratarlos y/o fijarlos y poder transportarlos para su disposición final.

El cemento que retorna a superficie es enviado al tanque de cortes a través de la línea de purga. En dicho tanque se mezclará con cal viva para deshidratarlo y poder disponerlo con los demás cortes.

El sistema de tanques de cortes (semicerrados o cerrados) requiere del uso de tanques verticales para almacenar el lodo que se descarta del sistema activo, para almacenar el lodo producto de los desplazamientos durante las operaciones de cementación para luego pasar al proceso de Deshidratación (Dewatering).

El segundo tanque es el de las centrifugas, donde se depositan los cortes producto de la deshidratación del fluido y los cortes removidos en el control de sólidos de baja y alta gravedad (LGS y HGS) mediante la utilización de la centrifuga de alta velocidad y/o baja velocidad.

3.2 Tratamiento y Disposición Final de los Ripios de Perforación.

Dentro de las opciones para tratar los ripios se tienen las siguientes:

3.2.1.- Confinamiento en Piscinas y Celdas

Este método es el comúnmente usado en el Oriente Ecuatoriano. Este proceso se lo utiliza cuando se perforan los pozos con lodos tipo base agua y que de acuerdo a las estadísticas de un gran numero de análisis de laboratorio y muestreos que se han realizado en el Oriente, se han llegado a establecer y a concluir que los resultados cumplen con las normas establecidas de acuerdo al Decreto 1215 del Registro oficial no. 265.

Las piscinas construidas dependen de la profundidad, diámetro de las secciones y tipo de perforación (direccional, horizontal o vertical) del pozo para lo cual hay programas para calcular la capacidad de dichas piscinas.

Cálculos indican que el tamaño de piscina recomendado para los pozos verticales es de 1,000 m^3 y para pozos direccionales con ángulo menor a 35^o es de 1,800 m^3 según la información suministrada.

La metodología aplicada es la siguiente:

- Celdas con capacidades semejantes a 90m^3 con la ayuda de una excavadora modelo 320 o de similares características son construidas en las partes laterales o al costado de las piscinas, el largo y ancho varia dependiendo del espacio disponible entre 4 a 7 metros que es la medida mas usual y adecuada; la profundidad depende del nivel freático, pero normalmente va entre 2 a 4metros, pero siempre se deja por lo menos 1 metro de suelo entre los cortes de perforación y el nivel freático. Es recomendado que desde que se empiezan a construir las piscinas se tome en cuenta el espacio para las celdas para no tener problemas a futuro en el tapado.

- Las celdas cuentan con un puerto de comunicación con la piscina (canal) por donde fluyen dichos lodos que generalmente son licuados.
- Una parte de los cortes que contiene sólidos secos producto del proceso de deshidratación (Dewatering) y los cortes de perforación obtenidos de la utilización de la centrifuga de alta velocidad (sólidos de baja gravedad o low gravity solids LGS), se mezclan o remueven con los demás cortes mas húmedos o licuados (los provenientes de las zarandas y el

limpiador de lodo o mud cleaner) en la piscina para darle mayor consistencia y facilitar el tapado de la misma.

- Un porcentaje de silicatos o material secante se desaloja hacia la piscina para luego remover en su interior hasta homogenizar todos los cortes, a éstos se los deja decantar por un tiempo considerable, en donde por densidades de gravedad el mas pesado va al fondo y el mas liviano forma un lodo licuado superficial.

- El agua producto del proceso anterior es evacuada hacia los tanques horizontales o verticales para su tratamiento físico-químico y posterior evacuación de la misma cumpliendo con la Normas Ambientales vigentes. (este punto se describió brevemente en el punto 2.3)

- Tierra nativa que se retiro anteriormente producto de la excavación en la construcción de las piscinas se adiciona alrededor de la misma para su posterior taponamiento que inicia por el lado contrario a la celda siempre mezclando al 100%; para por empuje natural sea desplazado el lodo licuado hacia la celda para ser estabilizado mediante una mezcla con silicatos o aditivos para control de pH y por ultimo tierra nativa producto de la excavación siempre y cuando sirva esta, en proporciones que dependen de la humedad de los cortes. Luego es devuelto a la piscina en un proceso repetitivo hasta lograr obtener el secado de los cortes y cumplir con los parámetros exigidos por el Reglamento Ambiental Vigente en el Registro Oficial No. 265 (Ver tabla 7ª y 7b de los anexos). En caso de que existan trazas de crudo en los cortes de perforación se utilizaran piscinas impermeabilizadas con geomembrana

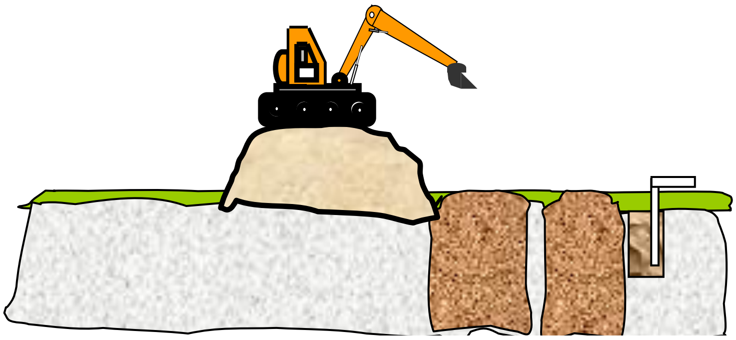


Fig. 3.1. Área de disposición de cortes por celdas, fuente paper “Fijación de Cortes” de Qmax Ecuador SA, proporcionado en Octubre del 2006

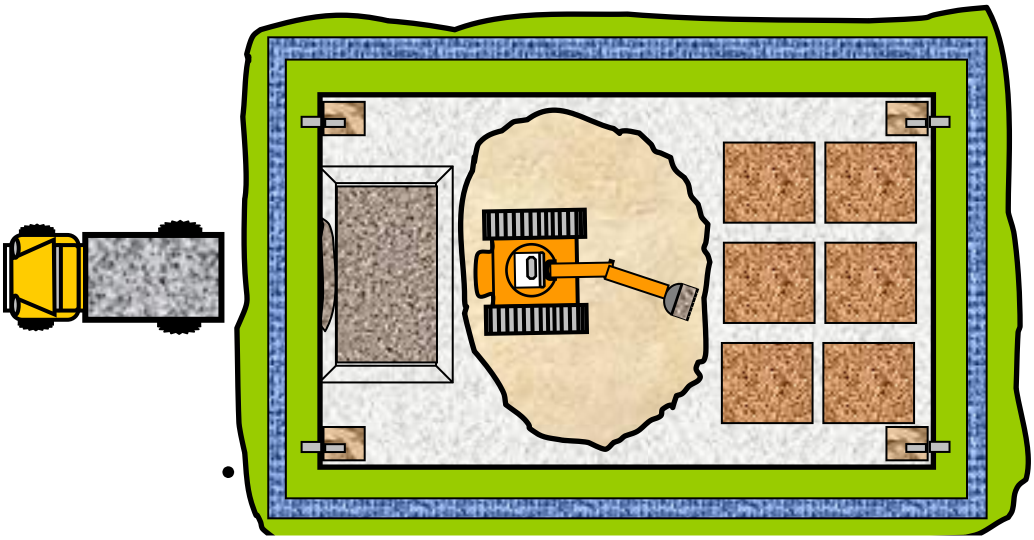


Fig. 3.2 Vista Superior de un sistema de celdas al costado de una piscina, fuente paper "Fijación de Cortes" de Qmax Ecuador SA, proporcionado en Octubre del 2006

- Así se procede hasta que el nivel en la piscina sea manejable y permita tapar manteniendo un nivel adecuado respecto a la plataforma, es decir que no por efecto de los muros laterales de la piscina siempre tendrá un rango entre 30y 50 cm., esta sobrelevación debe tener forma cóncava y además es necesaria para prever el proceso de consolidación del material tratado a través del tiempo, luego de la cual se asienta y baja el nivel.

- Para finalizar el tapado de las piscinas se nivela toda el área sobre el cual se trabajo, se compactan y se peinan los taludes y por ultimo se construyen canales alrededor de la zona para evitar la acumulación de aguas lluvias.

Equipo Necesario

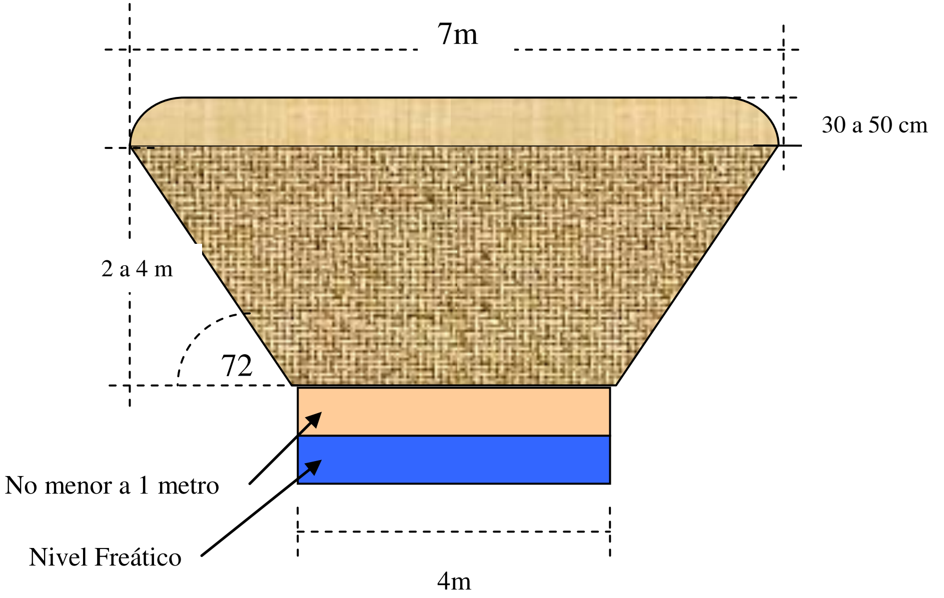
- En la locación de perforación

Gallineta – Cargue de volquetas

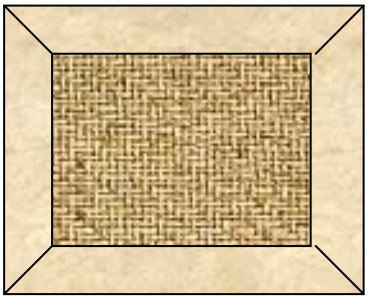
Volqueta (s) – Transporte de cortes desde la locación hasta el área de disposición final.

- En el área de disposición final

Retroexcavadora – Construcción de celdas, mezcla de cortes y tapado de celdas.



VISTA LATERAL DE LA CELDA



VISTA SUPERIOR DE LA CELDA

Fig. 3.3 Vista Lateral y superior de una celda, Cristina Ballesteros, mayo 2007

3.2.1.1 Ventajas del Método.

Es un método sencillo de aplicar sin mayor laboreo ingenieril, es mas bien mecánico y de aplicación rápida, es decir no tenemos que esperar mucho para que los parámetros se regulen según el Reglamento Ambiental para las operaciones Hidrocarburíferas (RAOH).

Excelente para pozos direccionales (que es lo que se hace en la actualidad) por lo que abarca en una sola piscina los ripios de todo un pozo (hasta 1800m^3).

3.2.1.2 Limitantes

Existen algunos limitantes para obtener un tapado uniforme y aun nivel aceptable respecto a la plataforma. Entre los cuales se puede mencionar a los siguientes:

Tipo de suelo.- existen arcillas plásticas bastante difíciles de manejar, cuando se intenta hacerla mezcla para estabilizar los cortes; esto constituye un reto porque l material se pega a la cuchara de la excavadora complicando su labor, sin embargo se buscan formas de trabajar que nos permitan cumplir con los objetivos como es el de llevar tierra de otros lugares para poder taponar con facilidad.

Espacio disponible para la construcción de celdas.- en algunas locaciones no se dispone del espacio mínimo requerido para construir las celdas que nos ayudan a manejar de mejor forma los cortes (volúmenes pequeños) y obtener un tapado con niveles aceptables respecto al de la plataforma.

Este método es solo aplicado para ripios base agua.
Cuando se tienen piscinas en superficies abiertas el volumen estimado de cortes dispuestos es de aproximadamente 10000 - 12000 bbl. Para una locación donde se van a perforar varios pozos (pozos en racimo) se necesitaría una gran área para la construcción de las piscinas

3.2.2 Celdas y Terrazas

El ripio procedente de las zarandas se mezcla con retroexcavadora con un fijador natural NK-100 (insumo) en un tanque abierto, para luego enviarlo a un almacenamiento temporal (+/- 8 días) en una piscina (remediación). Con los resultados de laboratorio, este ripio se lo envía con volquetas al área de disposición final (celdas y terrazas) con retroexcavadora.

Área de Disposición.

El área de operación (land fill) tiene un nivel freático significativo o profundo. Niveles freáticos someros implican el uso de más superficie para este tipo de disposición.

La construcción de las celdas se realizan de 4 m x 4 m x 4 m ó 3 m de profundidad si el nivel freático lo permite (64 m3 = 403 bbls), separadas entre sí 1 mt. y una a la vez pues cuando una se llena se construye una nueva. Nunca se abren dos celdas a la vez, debido a la lluviosidad.

Por lo general y de acuerdo a la disposición por celdas el área se divide en 3 zonas con 36 celdas cada una y de acuerdo a que son 25 - 27 celdas por pozo, las zonas 1, 2 y 3 estarán utilizadas durante la perforación de los primeros 4 pozos (primera fase)

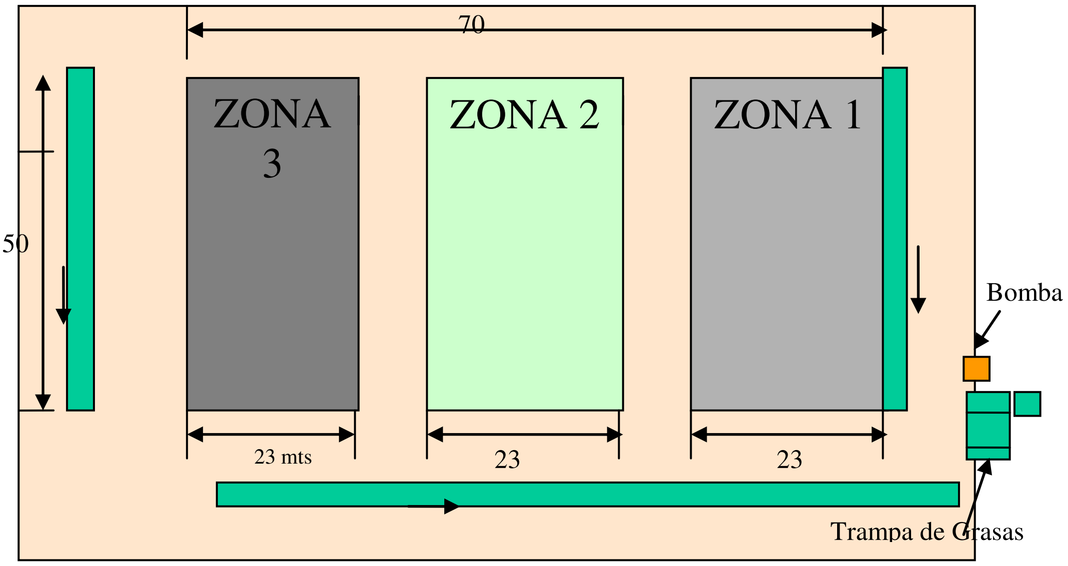


Fig. 3.4 Distribución de Zonas para la construcción de Celdas y Terrazas en locación, fuente "Programa de manejo de Desechos Sólidos" Petrobrás Energía, proporcionado en oct/2006

Los desechos sólidos extraídos de las celdas de la zona 1 serán ubicados en la zona 3 (Ultima zona en utilizarse) en forma de terrazas y los nuevos cortes se depositarán secuencialmente en las celdas re-abiertas (segunda fase).

De esta manera y considerando que el quinto pozo se perforará 4 meses después de perforar el primero, los desechos sólidos dispuestos en forma de terrazas ya han sido compactados suficientemente, obteniéndose una buena imagen visual.

Durante esta segunda fase se tiene 72 celdas reutilizables equivalentes a 2 pozos y medio más, para un total de 6 pozos y medio dispuestos.

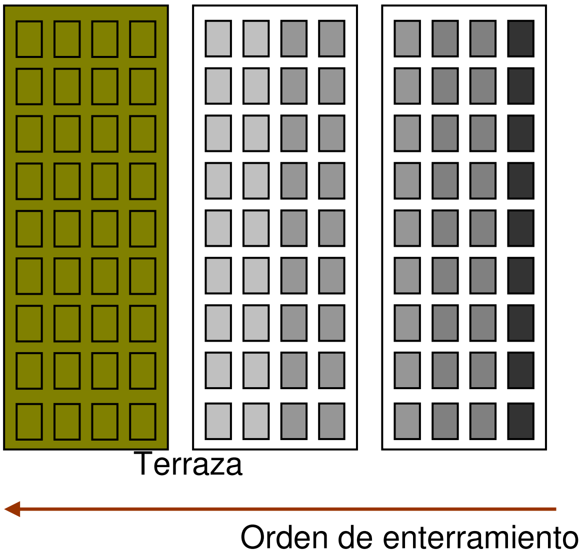


Fig. 3.5 Celdas de la Zona 3 en forma de terraza, fuente “Programa de manejo de Desechos Sólidos” Petrobrás Energía, proporcionado en oct/2006

Los desechos sólidos extraídos de las celdas de la zona 1 son luego ubicados en la zona 2 (Ultima zona en utilizarse durante la segunda fase) en forma de terrazas y los nuevos cortes se depositan secuencialmente en las celdas re-abiertas (tercera fase).

De esta manera y considerando que el séptimo pozo son perforados 2-3 meses después de perforar el quinto, los desechos sólidos dispuestos en forma de terrazas ya han sido compactados suficientemente, obteniéndose una buena imagen visual. Durante la tercera fase se tienen 36 celdas reutilizables equivalentes a 1 pozos y medio más, para un total de 8 pozos dispuestos.

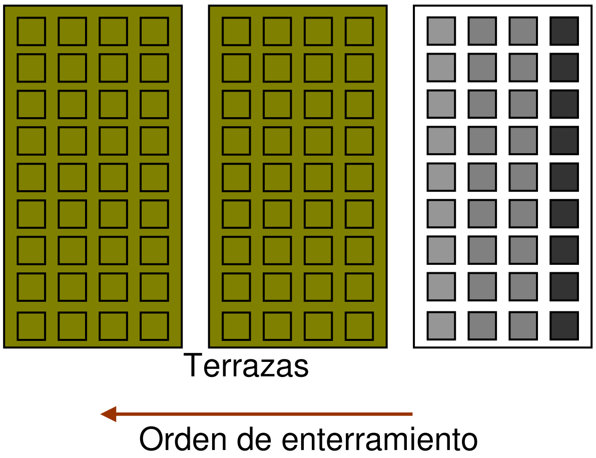


Fig.3.6 Celdas de la Zona 2 y 3 en forma de terraza., fuente "Programa de manejo de Desechos Sólidos" Petrobrás Energía, proporcionado en oct/2006

Con celdas de 4 mts de profundidad se disponen 8 pozos, y con celdas de 3 mts de profundidad se disponen 6 pozos. Se debe tener en cuenta que el tiempo de compactación en los sólidos usados para hacer las terrazas es de 3 meses. Además el número máximo de terrazas que puede soportar cada zona es de dos.

Canales perimetrales son construidos alrededor de la zona de disposición con el objetivo que estos recolecten todas las aguas de escorrentía producto de las lluvias. Estas canales deben tener una pendiente que dirija el flujo hacia un skimmer (receptor de todas las aguas de lavado provenientes del área de disposición) y las dimensiones recomendadas son 0.6 mts de ancho x 0.4 mts de profundidad

FOTOGRAFIAS DE AREAS DE DISPOSICION EN OTROS PROYECTOS

Fig. 3.7. Áreas de disposición, fuente “Programa de manejo de Desechos Sólidos” Petrobrás Energía, proporcionado en oct/2006

Fig.3.8 y 3.9 Áreas de disposición, fuente “Programa de manejo de Desechos Sólidos” Petrobrás Energía, proporcionado en oct/2006

3.2.2.1 Ventajas

Si este método además del análisis inicial para la disposición final realiza el seguimiento a través de muestreos y análisis periódicos de los parámetros y limites permisibles a los 7 días, 3 y 6 meses como lo estipula el Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas (RAOH) en su tabla 7 Anexo 2 seria un excelente método ya que asi cumpliría con la Normativa y la preservación del Medio Ambiente.

Debido a que en la actualidad se perfora los pozos de petróleo en racimo, es decir en un mismo Pad o locación ya que esto ayuda a preservar el medio ambiente, éste método tendría una gran ventaja sobre las demás ya que se lo aplica para tratar y disponer de 8 hasta 12 pozos de un mismo pad y por ende ayuda a ahorrar espacio de locación

La cantidad de agente fijador utilizado en este sistema se disminuye debido a que no hay contacto de la lluvia con los cortes ya fijados y mezclados con tierra de la zona.

Menor exposición en el movimiento de ripios (derrames) puesto que las zonas de tratamiento y disposición están dentro de la locación

Mayor nivel de Supervisión directa de la Operadora

3.2.2.2 Desventajas

Necesita área dentro de la locación para la disposición de Ripios, lo cual podría implicar inconvenientes comunitarios que pueden generar paralización de operaciones.

Remediación de todas las piscinas en cada locación.

3.2.3.- Desorción Térmica

Este método ha sido implementado muy poco aquí y ha tenido mayor acogida a nivel internacional como por ejemplo en Venezuela (ya por varios años) y recientemente en Colombia.

Este método aplica para el caso de un sistema de lodo base sintético en la perforación donde los ripios vienen humectados por éstos; es asi que esta técnica permite recuperar esta base sintética y limpiar los ripios de cualquier contaminantes para que puedan ser procesados y no causen daño severo al medio ambiente.

Fig3.10 Planta de Tratamiento Térmico, fuente: Presentación “Waste Management” de Brandt, proporcionado en octubre del 2006

El proceso consiste en dos etapas, siendo el primero calentar indirectamente los ripios húmedos (humedad no mayor al 15%), es decir, donde los ripios no están en contacto directo con el fuego, estando la fuente de calor en la parte externa de la unidad alimentada por diesel, para con ésto volatilizar los hidrocarburos del sistema base sintética.

El segundo consistirá en enfriar el proceso de emisión de gases y condensarlos en forma liquida, donde en el condensado se separa petróleo, agua y pequeñas cantidades de sólidos fraccionados. Los gases son primeros enfriados (en el Quench) para después ser conducidos al condensador donde se alcanza hasta un grado mas arriba que de a temperatura ambiente, a ésta temperatura la base parafina es condensada y capturada en un flujo liquido, indicando que la base sintética es filtrada y reciclada.

Se debe tener muy en cuenta parámetros para la operación del equipo:

- Temperatura de tratamiento.- para esto se debe conocer que tipo de contaminante se va a tener en el suelo y cual seria su concentración y además para determinar la existencia de peligro de explosión de estos en presencia de calor o fuego se deben considerar los diferentes puntos:

    - Punto de ebullición
    - Punto de inflamación
    - Limite de explosividad superior
    - Limite de explosividad inferior
- Tiempo de residencia del suelo en la unidad.
- Tipo de calentamiento
- Modo de operación.

Fig.3.11 Planta de Tratamiento Térmico Indirecto, fuente: Presentación “Waste Management” de Brandt, proporcionado en octubre del 2006

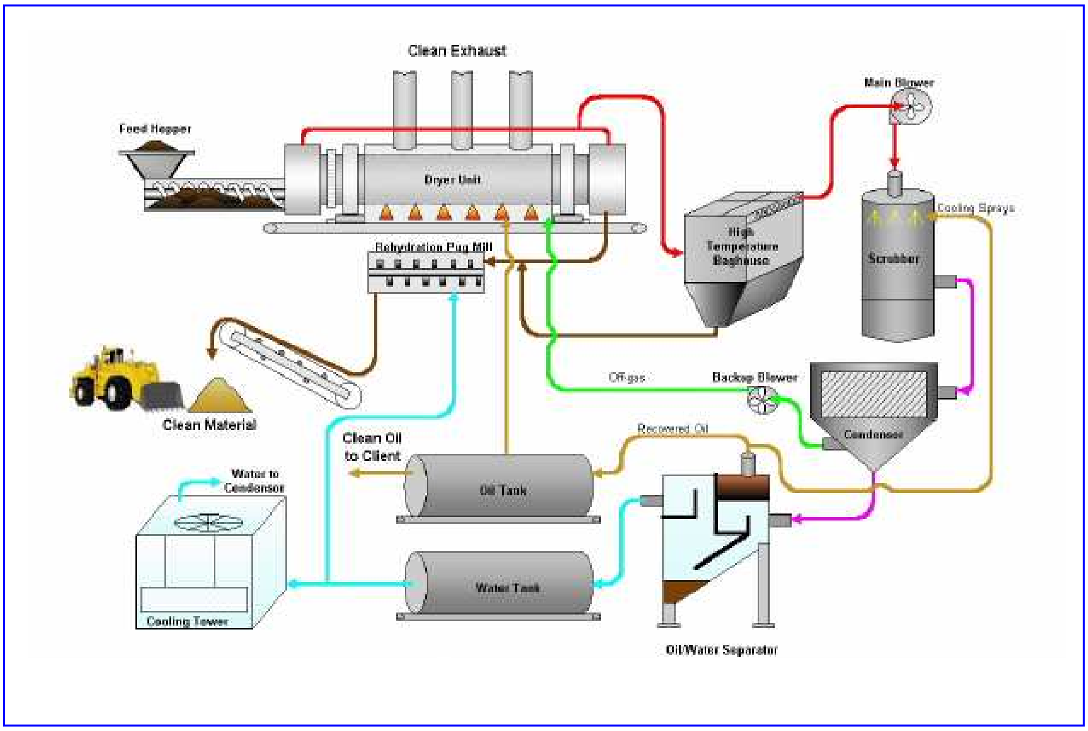


Fig.3.12 “Thermal Oil Recovery System” Process Flow Design, fuente: Presentación “Waste Management” de Brandt, proporcionado en octubre del 2006

Post tratamiento para el uso de la Tierra

El ripio una vez tratado es utilizado en los siguientes procesos:

- Ingeniería que es aplicada en terrenos de llenado.
- Mezclado con material estabilizado para luego ser usado como base para carretera para incrementar la fuerza de la estructura
- Forma bloques de cemento para proyectos de construcción.

Post tratamiento para el uso del Petróleo.

El petróleo una vez que ha sido separado del ripio se lo utiliza para lo siguiente:

- Como base para los fluidos de perforación base aceite.
- Como combustible para los quemadores para el proceso térmico
- Como combustible para otros procesos industriales.

3.2.3.1 Ventajas

Este método presenta las siguientes ventajas y desventajas según su aplicación aquí en el País años atrás:

El petróleo puede ser recobrado y reciclado dentro del lodo de perforación o como combustible para procesos térmicos.

Este primer punto ayuda a disminuir costos, pues si se considera un estimado de 3.3 MM dólares por costo del servicio, pero se estima un ahorro de 1.6 MM dólares por recuperar la base sintético el costo neto por el servicio seria de 1.7 MM dólares.

Las unidades móviles pueden ser operadas en locación, reduciendo el almacenamiento de cortes y costos de transportes y además esta técnica permite a la operadora perforar en áreas sensibles.

No requiere un sistema de tratamiento de agua y genera un porcentaje por debajo de 1% de sólidos en el petróleo recobrado (limite permisible <3%), el cual compensa los costos operativos. La Unidad Térmica tiene una capacidad de manejo de 160 Tn/día como carga máxima y 20-25 Tn/día normalmente; esta máxima capacidad pudo ser también determinada por la rata máxima de perforación la cual es 2500 pies/dia; a esta rata se generarían 268 Tn de ripio base sintético y considerando que la máxima capacidad de la unidad es de 160 tons habrá un exceso de 108 toneladas que podría ser almacenado en la piscina de surgencia (surge pit) para su posterior tratamiento la capacidad del surge pit es de 290 toneladas.

El diseño de la planta (que puede ser portable o estacionaria)

3.2.3.2 Desventajas

Es un método solo para Lodos y Ripios base aceite sintético.

La planta no reduce el contenido de petróleo por debajo del .1% y aun queda un desperdicio especial.

Bajo volumen de procesado de 3 - 6 toneladas por hora.

Es uno de los procesos de tratamiento más caro.

Potencial concentraciones de metal pesado provoca problemas para la clasificación de desperdicios.

Consume más energía que otros procesos (35 galones por hora de diesel) aunque este use petróleo recobrado.

3.2.4 Incineración Controlada de Ripios de Perforación

Los tratamientos térmicos están diseñados para destruir los componentes orgánicos de los residuos. A través de la destrucción de la fracción orgánica y su conversión a dióxido de carbono y vapor de agua, los tratamientos térmicos reducen el volumen de los residuos y ayudan a disminuir la amenaza al medio ambiente, ya que los compuestos orgánicos incluyen componentes peligrosos.

Fig. 3.13 Planta de Incineración de Ripios, Foto Cortesía de la Empresa INCINEROX proporcionada en abril del 2007.

Una buena combustión representa una buena oxidación de los componentes orgánicos (sólidos, líquidos y gases). Para conseguirlo, el aire, que contiene 21 % de oxígeno, debe mezclarse perfectamente con carbono y el hidrógeno del combustible (residuo) para producir estequiométricamente dióxido de carbono y agua. En un sistema completamente homogéneo (un reactor bien agitado) que requiere tanto Tiempo como Turbulencia, la oxidación completa del carbono e hidrógeno ocurrirá a una Temperatura determinada.

Fig.3.14 Planta de Incineración de Ripios, Foto Cortesía de la Empresa INCINEROX, proporcionada en Abril del 2007

3.2.4.1 Características básicas del equipo de incineración y Sistema de tratamiento de gases

El equipo de incineración, consta de una primera cámara que opera a 800 °C como promedio, en la cual se efectúa la gasificación, y de la cual los gases producidos pasan a una segunda cámara (cámara de postcombustión) cuya temperatura mínima es de 1000 °C, en esta se realiza una oxidación agresiva de dichos gases. Estas dos cámaras poseen controladores de temperatura apropiados

- Temperatura de combustión > 850 °C
- Temperatura de postcombustión :
    - T > 850 °C (residuos peligrosos no halogenados)
    - T > 1000 C (residuos peligrosos halogenados)
- Permanencia en postcombustión > 2 segundos (diseño)

Luego se tiene una primera torre de lavado en donde se realiza un enfriamiento del gas en forma muy rápida, casi instantánea (1000 °C por segundo), bajando la temperatura desde 800 °C a menos de 250 °C. En esta torre se inyecta una solución (liquido de lavado). A continuación se tiene una segunda torre de lavado, en la cual se realiza una alcalinización del gas para eliminar los posibles gases ácidos formados. De igual manera en esta torre se inyecta la misma solución (liquido de lavado). Finalmente el gas sale a la atmósfera conducido por la chimenea en donde se observa un penacho blanco de vapor de agua.

- pH solución en torre de lavado: $6 \leq pH \leq 8$

En los procesos de enfriamiento y neutralización antes descritos se generan aguas de lavado residuales, las cuales son conducidas a la zona de tratamiento de aguas, en donde se realiza un acondicionamiento del pH de las mismas y se las deja reposar. Se obtiene una fase líquida que es retornada a los reservorios de las torres de lavado para su reuso y, una fase sólida la cual es secada y dispuesta en el vertedero de seguridad disponible en planta.

Las cenizas producto de la incineración son enfriadas y confinadas en el vertedero controlado construido para el efecto, previo chequeo del pH de las mismas, luego estos son estabilizados.

3.2.4.2 Normativa Ambiental

Emisiones gaseosas

La metodología de monitoreo aplicada se rige por lo estipulado en el Registro oficial No. 153 del 22 de agosto del 2003, Art. 7 Métodos de Medición Tabla No. 5 (Métodos de muestreo y medición de emisiones de combustión), del Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador regulado por la DINAPA (Decreto Ejecutivo 1215 publicado en el Registro Oficial No. 265 del 13 de febrero del 2001).

Los resultados del monitoreo se comparan con los límites máximos permisibles para emisiones a la atmósfera provenientes de fuentes fijas para actividades hidrocarburíferas establecidos en la Tabla Nº 4, del Registro Oficial Nº 153, correspondiente para emisiones de incineradoras de residuos petroleros.

"Ver Tabla 4 y 5 del Registro Oficial Nº 153 en Anexo del Capitulo III"

Cenizas y lodos estabilizados

La normativa que se aplica es la que se determina en el Art. 10 (Numeral 4 Característica de peligrosidad) de la Ordenanza 146, que establece las criterios de peligrosidad que se debe aplicar para determinar si un residuo es peligroso.

3.2.4.3 Ventajas

Los residuos incinerados reducen su volumen 10 veces. 1 tonelada de residuos requiere aproximadamente un volumen de 1.4 m3 en un relleno, después de la incineración requiere 0.14 m3.

1000 kg. de residuos reducen su peso a 333 kg. lo que significa 1/3 del peso original.

Las cenizas residuales son estériles y no putrescibles (también en otros países se las utiliza para la industria de la construcción).

3.2.4.4 Desventajas

Requiere tratamiento posterior de agua proveniente de los procesos de enfriamiento y neutralización que generan aguas de lavado residuales.

3.2.5 Solidificación/Estabilización de Recortes

Este procedimiento inmoviliza o encapsula los componentes del desecho en una forma solidificada a manera de prevención a la contaminación del agua y tierra.

El primero “Solidificación” es la producción de una masa sólida teniendo una estructura alta suficientemente integrada para permitir el transporte y disposición del sólido sin necesidad de un tratamiento secundario; el segundo “Estabilización”, se refiere a la inmovilización de los componentes mediante alteración química para formar compuestos insolubles o mediante el entrampamiento del producto solidificado con silicato (proceso de Siallon) o quick lim.

3.2.5.1 Ventajas

Este método esta dentro de las opciones para Remediación de Suelos contaminados según el Libro VI Anexo 2 del Texto Unificado de la Legislación Ambiental (TULAS) y ya tiene aplicación en nuestro país.

Tratamiento directo de los cortes con el material

Fácil manejo, mínima logística

Acarrea bajos costos para el proceso de cortes

Es beneficioso para cortes base agua

Bastante estabilidad del producto tratado en cuestión.

Permite altos volúmenes de material para mezclar con los cortes y para luego ser expulsados.

3.2.5.2 Desventajas

Puede solamente procesar cortes con bajas concentraciones del hidrocarburo.

3.2.6 Tratamiento y Disposición Controlada de Sólidos de Perforación para Ripios provenientes de Fluidos de Aminas

3.2.6.1 Área de Acción

La presente tecnología es aplicada actualmente en el Área de Mahogany del Campo de Tarapoa (área de acción de este trabajo); el cual está en el área de amortiguamiento de la *Reserva de Producción Faunística Cuyabeno (RPFC)*, que fue creada en 1979 (acuerdo ministerial nº 322), y tras varias modificaciones en la actualidad tiene una superficie de 603.380 hectáreas, de las cuales, 435.500 hectáreas fueron declaradas en 1999 (decreto Presidencial nº 551) como Zona Intangible. Esta última designación deja sin protección las 17.000 hectáreas que están dentro del Bloque petrolero Tarapoa, concesionado en 1975 a las empresas Cepco, Cayman Oil Company, y Southern Union Production Co. Actualmente el bloque es operado por la empresa china Andes Petroleum.

La RPF Cuyabeno, según estudios científicos, tiene una gran importancia por su altísima biodiversidad, posee 14 ecosistemas únicos en el país, algunos de ellos sin par en el mundo. Se han encontrado 307 especies de árboles grandes en una sola hectárea, así como 449 arbustos, 92 lianas, 175 epífitas, 96 hierbas y 22 palmas; Se han registrado 493 especies de aves, y más de 100 de mamíferos (Valencia, 1994). La cuenca ecuatoriana del río Napo, a la cual pertenece la reserva se considera la más rica en el mundo en diversidad de peces, con 473 registradas.

Fig. 3.15 Laguna Grande, Bosque Inundado/Cuyabeno, fuente Internet, jun/07

Este bloque de Tarapoa tiene una superficie de aproximadamente 36.227Ha, de las cuales 34.000 están dentro del Patrimonio Forestal del Estado, y 17.000 de ellas son parte de la Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, la parte perforada no está dentro de la Reserva Faunística de Cuyabeno, pero es patrimonio forestal (ver figura 3) El petróleo producido es de mediana calidad (22,5ºAPI)

De acuerdo al estudio realizado para la prospección Sísmica 3D en Fanny Sur reconoce que “ecológicamente la región Amazónica posee ecosistemas muy frágiles con la más alta biodiversidad del mundo, por lo cual amerita un tratamiento especial de conservación y protección”. De igual manera reconoce que “gran número de familias siguen utilizando el agua proveniente de los pozos, esteros y lluvia”.

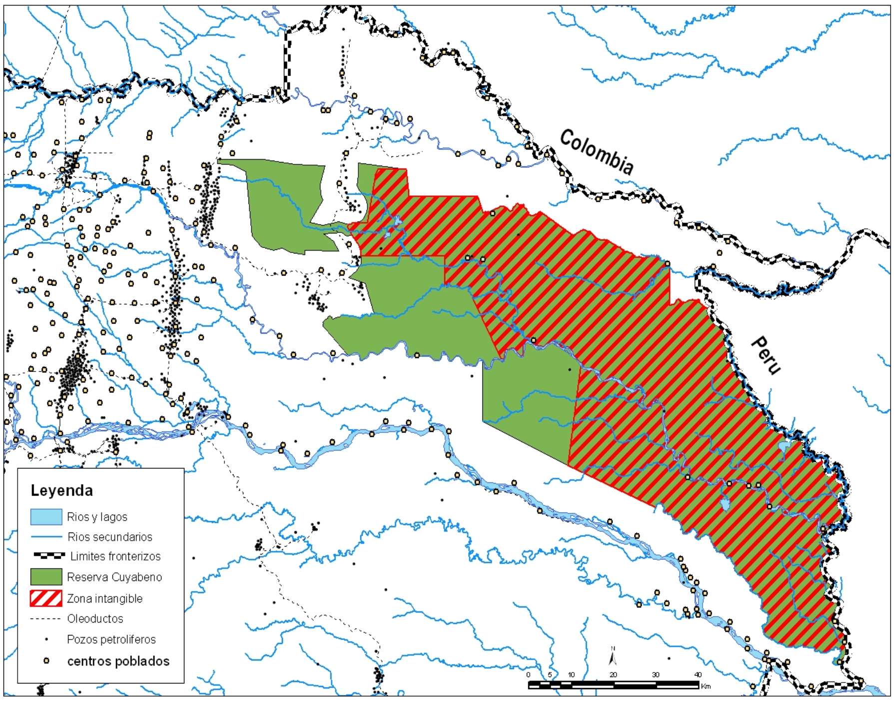


Fig. 3.16 Zona Intangible de la Reserva de Producción Faunistica de Cuyabeno RPFC, fuente Internet, jun/07

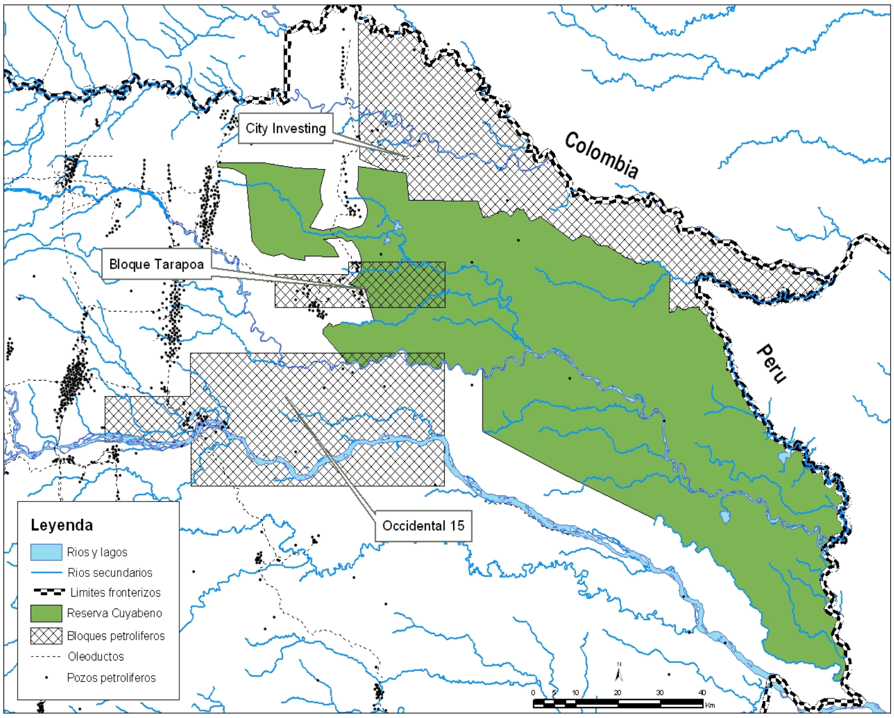


Fig. 3.17 Bloque de Tarapoa, fuente Internet, jun/07

3.2.6.2 Generalidades del Método

Este tipo de Tratamiento es denominado también Landfarming o Tratamiento en Lechos, una forma de Biorrecuperación por vía Sólida según JUANA B. EWEIS, SARINA J. ERGAS, DANIEL P. Y. CHANG y EDWARD D. SCHOROEDER (1999) en su libro: <<Principios de Biorrecuperación>>, *Tratamientos para la descontaminación y regeneración de suelos y aguas subterráneas mediante procesos biológicos y físico químicos.*

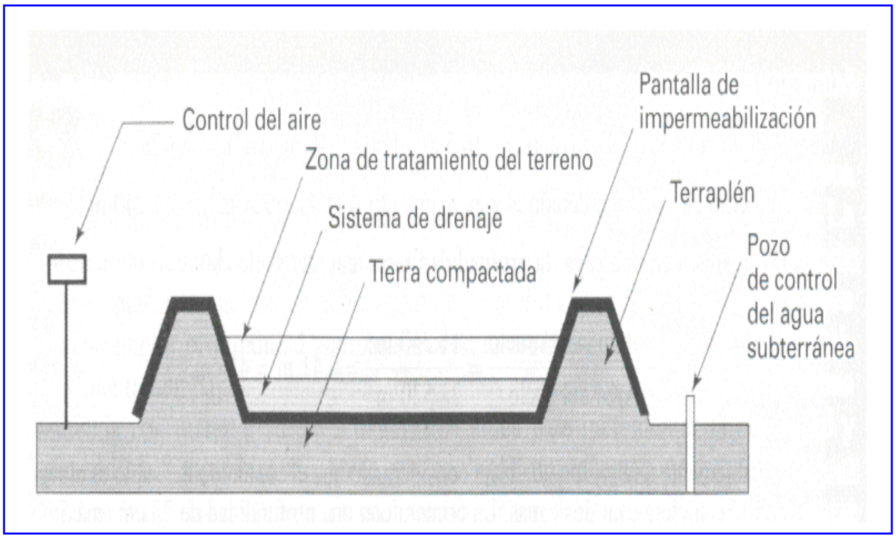


Fig.3.18 Esquema de los elementos principales de una unidad de tratamiento en lechos; fuente: Libro “Principios de Biorrecuperación” de Juana Eweis et al, 1999.

Esta tecnología hace uso de fluidos ecológicamente amigable que garantiza una operación de perforación segura. Este elemento al finalizar su utilidad operacional se convierte en lo que se denomina un residuo o subproducto de perforación.

Como parte de las acciones de mitigación del impacto ambiental por las operaciones petroleras, este sistema dispone de los subproductos provenientes de estos fluidos en áreas deforestadas o en plataformas abandonas. De esta manera se contribuirá a la preservación del ambiente y la biodiversidad en el entorno circundante.

3.2.6.3 Descripción del proceso

Se basa en el tratamiento y disposición final de los sólidos de perforación en un área acondicionada para el efecto

El desarrollo del sistema está basado en pruebas de caracterización del lodo activo, recopilación histórica de las características de los ripios de perforación con pruebas de verificación de cumplimiento de hasta 90 días luego de su disposición final y su cumplimiento con el marco legal ambiental ecuatoriano y así como los especificados en la literatura universal para el manejo y control en procesos de actividad biológica.

Etapa Pre-operativa

Definición del área por parte de la Operadora y de terminación de los parámetros técnico-operacionales in situ

El área para el deberá reunir las siguientes características:

- Estar alejado de la población mas cerca con una distancia de 500m a la redonda y de fácil acceso vía terrestre.

- Deberá presentar las características necesarias para impedir el ingreso a de animales al área de operaciones.
- La infraestructura utilizada en el proceso debe estar construida en un área que garantice su estabilidad y facilite su monitoreó de seguimiento.
- Estar provista de un sistema adecuado de control y monitoreo de lixiviados
- Estar provista de un sistema adecuado de drenaje y escorrentía de aguas lluvias con el fin de evitar que se torne excesivamente inundable

Etapa Operativa

a) **Tratamiento en piscinas**

Los sólidos provenientes cada una de las etapas de la perforación incluido el generado durante la cementación, se los transporta desde los diferentes taladros al sitio de tratamiento el cual esta fuera de locación (ex situ) a través de volquetes de una capacidad aproximada de 8 metros cúbicos, estos sólidos son recibidos y colocados en las respectiva piscina de tratamiento, luego son mezclados en forma homogénea con la ayuda de maquinaria pesada, esta mezcla permanece en reposo por 5 días en las

piscinas para permitir la estabilización se sus componentes y verificar el cumplimiento de los parámetros exigidos previo a su disposición final, en el caso de no cumplir con algún requisito legal los residuos se someterán a un tratamiento químico especifico, de esta manera se procede en forma permanente hasta conseguir ajustar los parámetros exigidos por la legislación ambiental vigente.
Se realizará un muestreo de verificación cuyos análisis se los efectuará en dos laboratorios externos y acreditados en el Ministerio de Energía y Minas

El volumen de cemento generado en la perforación produce un cambio brusco en el pH de los residuos de perforación, por lo que se lo recibe en un área aislada, se estabilizará este parámetro, se verificará el cumplimiento del resto de parámetros, se incorporará a los residuos del pozo al que corresponda y su disposición final se realizará según lo estipulado en el presente documento. En el caso de generarse volúmenes considerables de cemento, este deberá ser tratado, previo a su envío, en el taladro y luego llevado a las piscinas de para continuar con el proceso.

Los sólidos serán entregados a la Operadora a través de actas de “Entrega- Recepción” y a conformidad luego de la verificación de los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio externo.

Únicamente luego de la aceptación de dichas actas por parte de la Operadora la Contratista procede a la disposición final de los sólidos en el área designada para el efecto

Una vez dispuesto estos residuos se efectuaran los respectivos monitoreos de 7, 90 y 180 días según lo establece el RAOH 1215, de esta manera se dará por concluido el ciclo para la disposición de los residuos de perforación y se procederá a liberar el producto.

a.1).Construcción de las Piscinas

Las piscinas para efectuar este tratamiento presentan las siguientes características: el piso de las piscinas deberá ser cubierto con una capa de bentonita con el fin de reducir la permeabilidad del suelo nativo bajo el lecho del tratamiento, y las bermas (muros de contención) presenten un revestimiento de concreto o estarna construidas con arcilla compactada. El volumen efectivo de almacenamiento esta entre 1800 y 2500 metros cúbicos aproximadamente; en otros casos la piscina puede ir con una geomembrana para evitar que los lixiviados atraviesen las zonas que están por debajo de ésta. Las facilidades operativas son las siguientes:

Fig.3.19 y 3.20 Unidad de Lechos o de Landfaming, tomada en el Cañón de los Monos en Coca, Cristina Ballesteros, febrero 2007.

Sistema de Drenaje.

El sistema de drenaje permite recoger y controlar cualquier lixiviado generado por el riego o por la aplicación de los sólidos, pero aún más importante, para recoger los lixiviados generados por la lluvia del sector. Un método es insertar tubos perforado en un lecho de arena o grava encima de la geomembrana, los tubos de drenaje generalmente vierten el agua en un sumidero. Una capa de arena se sitúa frecuentemente sobre los tubos de drenaje para facilitar su función y para proteger al sistema de drenaje del impacto de maquinaria pesada, como los equipos de laboreo utilizados para airear los ripios y homogenizar la mezcla de estos con el material destinado para alcanzar los limites permisibles establecido. Los lixiviados son enviados, con la ayuda de bombas de agua adecuadas para este trabajo, a una piscina impermeabilizada para su tratamiento en tanques de 500 Bbl aproximadamente, una vez tratados los lixiviados y aguas residuales se las envía a inyección, este último proceso es llevado a cabo por la Operadora

Fig.3.21 Piscina de cemento receptora de lixiviados provenientes de la Unidad de Landfarming.; tomada en el Cañón de los Monos-Coca, Cristina Ballesteros, febrero del 2007.

Zona de Tratamiento

Corresponde a la zona en la cual se efectúa la recepción, monitoreo y tratamiento de los sólidos generados durante la perforación. Su capacidad de tratamiento efectivo es entre 1800 y 2500 metros cúbicos de sólidos.

En las piscinas el piso o fondo deberá tener una pendiente para facilitar la evacuación de aguas lluvias y prevenir el encharcamiento. Se recomienda una pendiente de 0,5 a 1%.

Fig.3.22 Unidad de Lechos o de Landfaming, tomada en Cañón de los Monos del Coca, Cristina Ballesteros, febrero 2007.

Bermas (Muros de Contención)

Todas las piscinas disponen de bermas, las cuales son necesarias para la protección frente a entrada de aguas lluvias o frente a pérdidas de posibles contaminantes del sistema al medioambiente. Dicha contaminación puede darse durante los períodos de lluvia extrema y las bermas pueden prevenir los vertidos incontrolados. El agua que discurra fuera de las piscinas se impedirá su ingreso a través de las bermas y se encausa hacia la zona de disposición final. Las bermas están construidas en hormigón o arcilla compactada con una zona libre sobre el área de tratamiento de 30 cm y con una pendiente inferior a 45 grados para asegurar su estabilidad.

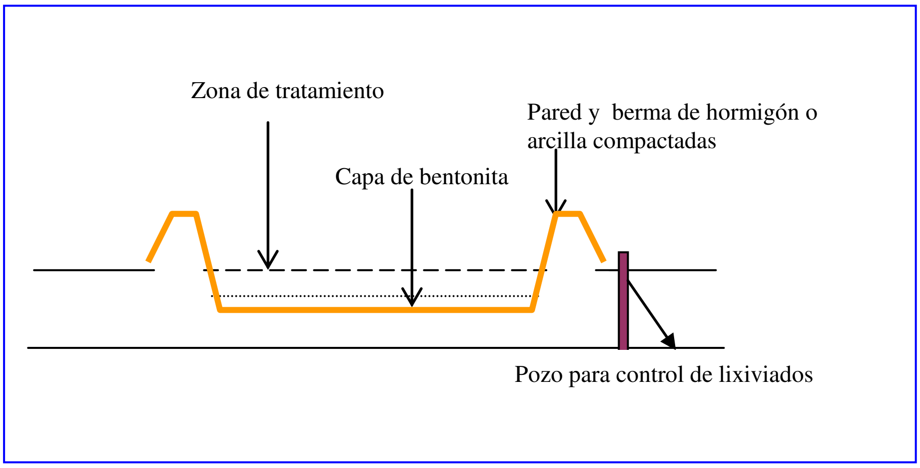


Fig.3.23 Esquema de los elementos principales de las piscinas de tratamiento, Cristina Ballesteros, febrero 2007.

a.2) Control del Proceso

Durante el proceso se efectúa seguimientos permanentes por parte de los profesionales encargados del control de los parámetros, con la ayuda de equipos específicos para esta tarea, montados en el laboratorio de campo.

En el área designada al tratamiento de sólidos de perforación se efectúan mensualmente en laboratorios externos un control de las aguas subterráneas y posibles lixiviados provenientes de las piscinas de tratamiento los cuales son monitoreados a través de pozos de control ubicados estratégicamente en el lugar.

a.3) Disposición Final.

Finalizado el tratamiento y verificación de parámetros en las piscinas, con la ayuda de equipo pesado se procede la disposición de los sólidos tratados y entregados, mediante actas de entrega-recepción, en el área designada.

ETAPA POS-OPERATIVA

Recuperación de geoformas.

Una vez desalojados los sólidos en el área de disposición final se procede a la recuperación de la geoforma con la ayuda de equipo pesado se apilan los sólidos dejando una pequeña pendiente con el fin de obtener una compactación en poco tiempo.

Fig.3.24 Parcelas o Platabandas de disposición final; tomada en el Cañón de los Monos, Coca; Cristina Ballesteros, febrero 2007

Revegetación espontánea

Conformada la geoforma se la deja sin remover los sólidos hasta su revegetación natural y espontánea sin la adición de productos químicos como fertilizantes, al cabo de aproximadamente dos meses el área se encuentra cubierta en su totalidad por vegetación de la zona. Completándose de esta manera el proceso.

Fig.3.25 Utilización del Suelo Tratado para viveros o crecimiento de plantas después de los 6 meses de su disposición final, tomada del Cañón de los Monos en Coca, febrero 2007

La elaboración de adoquines es otra alternativa de reutilización del material tratado, para garantizar que es un material inocuo (que no hace daño) se realiza un análisis de lixiviados del adoquín.

Fig.3.26 Reutilización del material Tratado en la elaboración de Adoquines, foto tomada en Cañón de los Monos en Coca, Cristina Ballesteros, mayo 2007

3.2.6.4 Monitoreo de seguimiento

Según lo establecido en la legislación ambiental ecuatoriana vigente, efectúa los monitoreos relacionados a los 7, 90, y 180 días con el fin de verificar la estabilidad del proceso y la no generación de subproducto que puedan afectar el medioambiente. Para esto se ha construido celdas de monitoreo en las cuales se deposita una muestra representativa de los sólidos tratados en las diferentes piscinas y es en estas celdas donde se realiza el monitoreo de seguimiento.

El muestreo se realiza obteniéndose una muestra compuesta representativa en función del volumen total de cada celda de monitoreo.

3.2.6.5 Riesgos Ambientales

Aguas de escorrentía. El índice pluviométrico (300 MM/mes), existente en la zona determinará la cantidad de agua a ser controlada. En caso de haber una cantidad excesiva, Se minimiza el contacto del agua de escorrentía con los lixiviados o sólidos en proceso mediante el sistema de drenajes, bermas, etc.

3.2.6.6. Marco legal

Se refiere al marco ambiental ecuatoriano vigente, contemplado en Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador del 13 de Febrero del 2001, Registro Oficial No 265, correspondiente al capítulo III, articulo 28 literal c y d y al capítulo VI, artículo 52 literal d.2 numeral 2.3 revisados en el punto 2.2.2 de capitulo 2.

FLUJO PARA LA BIORREMEDIACION DE SÓLIDOS DE PERFORACION.

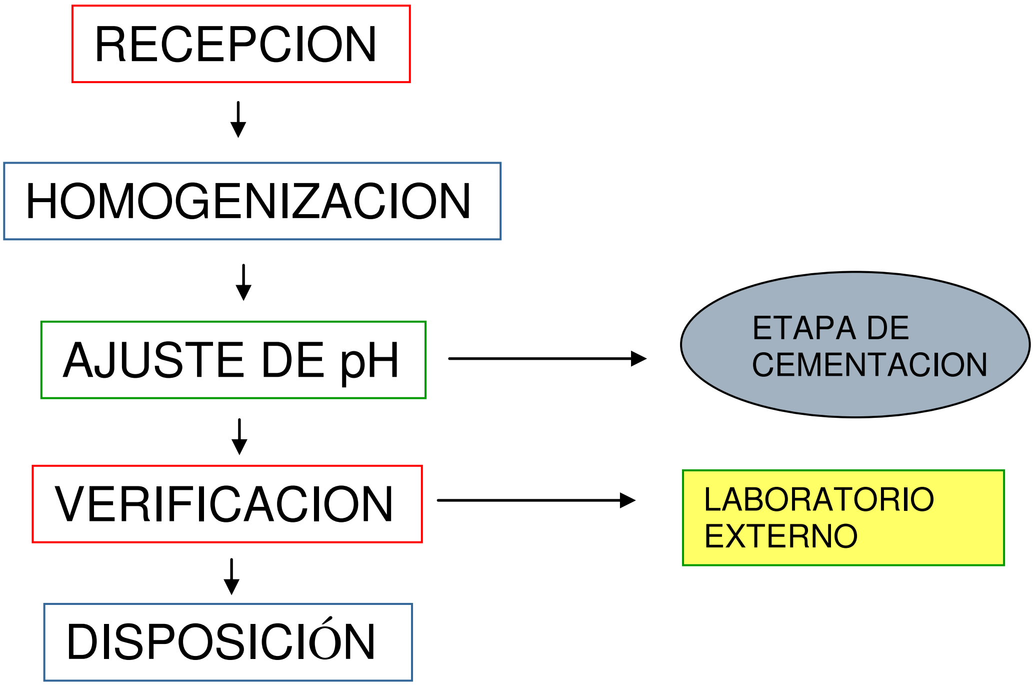


Fig. 3.27* Flujo para la biorremediacion de sólidos de perforación, Cristina Ballesteros, mayo 2007

Hay que destacar que todos los parámetros y requerimientos se cumplen a cabalidad en esta área de operación, dicha área para el tratamiento de ripios se lo hace en un “centro de acopio” es decir fuera de la locación (ex situ) lo cual ayuda a aprovechar el espacio en locación para otras operaciones de perforación, también todo el área perimetral esta cerrado con alambre de púa para evitar que animales de la región ingresen y se dé cualquier desmán en el Área de operaciones, cumple con los sistemas de drenaje como lo estipula el Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburiferas en su articulo 28 del capitulo III literal c, lo cual evita excesivas inundaciones en épocas lluviosas, y uno de los puntos mas relevantes es su fácil monitoreo por medio de la construcción de celdas de seguimiento en las cuales se deposita una muestra representativa de los sólidos tratados en las diferentes piscinas y es en estas celdas donde se realiza el monitoreo de seguimiento.

A continuación se señalan las ventajas y desventajas del método:

3.2.6.7 Ventajas

- Es un proceso de Remediación sin químicos, natural
- Tiene costos relativamente bajos cuando hay suficiente espacio disponible
- Según percepción publica califican a este método como la solución verde.

3.2.6.8 Desventajas

- Requiere una amplia área para tratar los cortes contaminados
- Tiene un tiempo muy lento de reacción, de 2 a 6 meses, con mantenimiento diario inicialmente.

Métodos de Referencia en otros países.

3.2.7 Dispersión en el Terreno (Land Spread).

La técnica de Land Spread o Dispersión en el Terreno es un procedimiento para el esparcimiento de desechos no tóxicos en suelos, se hace un cálculo adecuado de dosis de mezcla del desecho con el suelo receptor con la ayuda de un programa, así como la dosificación de enmiendas correctoras para ajustar algunos parámetros a los fines de asegurar el cumplimiento de los límites establecidos en cada país.

El desarrollo de la tecnología se basa en el uso de la capacidad intrínseca que presentan los suelos para el secuestro, fijación o inmovilización de elementos químicos, junto a una mejora de dicha capacidad por el mezclado de los ripios de perforación con desechos agroindustriales orgánicos y el manejo de parámetros químicos y de fertilidad del suelo. Uno de los parámetros del suelo que se ve positivamente modificado es la capacidad de intercambio catiónico por efecto del incremento del pH y del contenido de materia orgánica

Otro aspecto de importancia es el balance de nutrimentos, logrado mediante la aplicación de enmiendas complementarias (azufre, cal, yeso, etc.) y fertilizantes.

Al igual que en el caso de la tecnología biorrecuperación, se adicionan materiales orgánicos adsorbentes (desechos agroindustriales locales de bajo costo) directamente a la salida de los equipos de control de sólidos, a los fines de evitar el escurrimiento de fluidos en exceso durante la transportación al área de esparcimiento.

3.2.7.1 Ventajas

Útil para ripios que contienen apreciablemente nutrientes como Potasio, Calcio, Magnesio, Zinc que por lo general son deficitarios en suelos tropicales.

Se considera al ripio como una fuente de alcalinidad, útil para neutralizar suelos ácidos tropicales.

3.2.7.2 Desventajas

En materia medio ambiental este método no se podría aplicar en nuestro país debido a que al Texto Unificado de la Legislación Ambiental (TULAS) dice que es prohibido hacer dilución o mezclar el suelo contaminado con suelo no contaminado para bajar las concentraciones del primero.

El exceso de sales, así como la presencia de algunos metales pesados pueden ocasionar deterioro del suelo.

3.2.8 Inyección de Ripios de Perforación (Cutting Reinjection)

Esta tecnología elimina recortes de perforación de base aceite o sintética tanto en ambientes costa fuera como terrestres.

La Inyección de Ripios requiere un sistema capaz de enviar hasta el fondo del pozo los volúmenes de fluidos requeridos y generar presiones adecuadas. Además la tubería del pozo tiene que estar diseñada para soportar altas presiones de inyección y el anular del pozo seleccionado para el proceso debe estar adyacente a la formación de alojamiento seleccionada.

Generalidades

Por definición, la reinyección de recortes en un proceso donde los recortes de perforación y fluidos de desecho se juntan y transportan a un sistema de componentes que los organiza, mezcla, degrada, clasifica y acondiciona convirtiéndolos en una lechada estable a largo plazo con características correctas de suspensión y transporte para asegurar que no ocurran salpicaduras de sólidos y asi pueda ser bombeable e inyectada dentro de una formación sub-superficial que sea receptiva ya sea del mismo pozo que se este perforando u otro hecho expresamente para el asunto y que esté permanentemente aislada a una profundidad segura. Hay que cuidar el tamaño de las partículas de la lechada ya que si son demasiado grandes podrían causar puenteo de fracturas de superficie inferior y por lo tanto reducir o impedir la habilidad de la formación para recibir materiales inyectados.

Dependiendo de las condiciones, reglamentos y economía de la localidad, los operadores pueden:

- Reinyectar en pozos de producción existentes
- Perforar y reinyectar simultáneamente
- Inyectar en pozos existentes o en pozos de desechos de recortes dedicados.

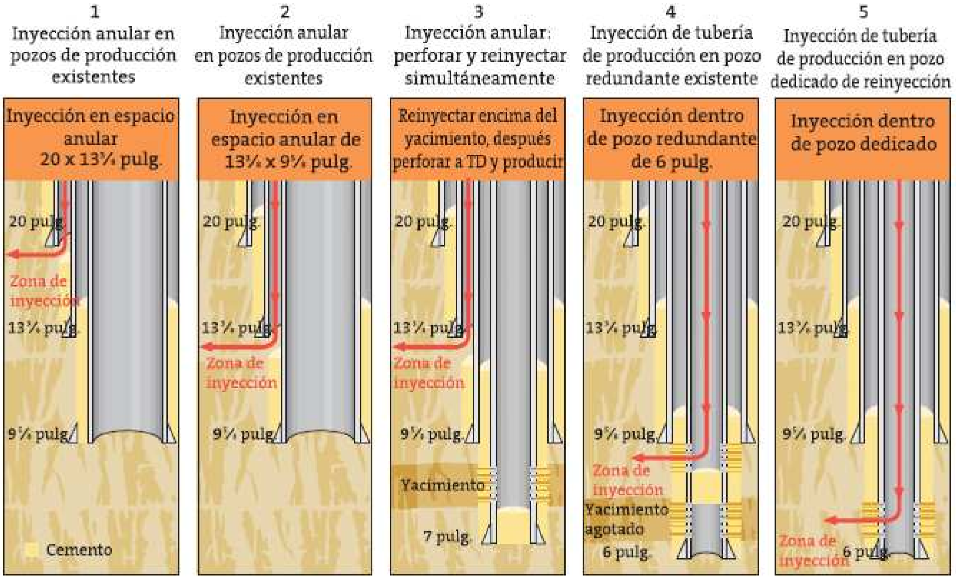
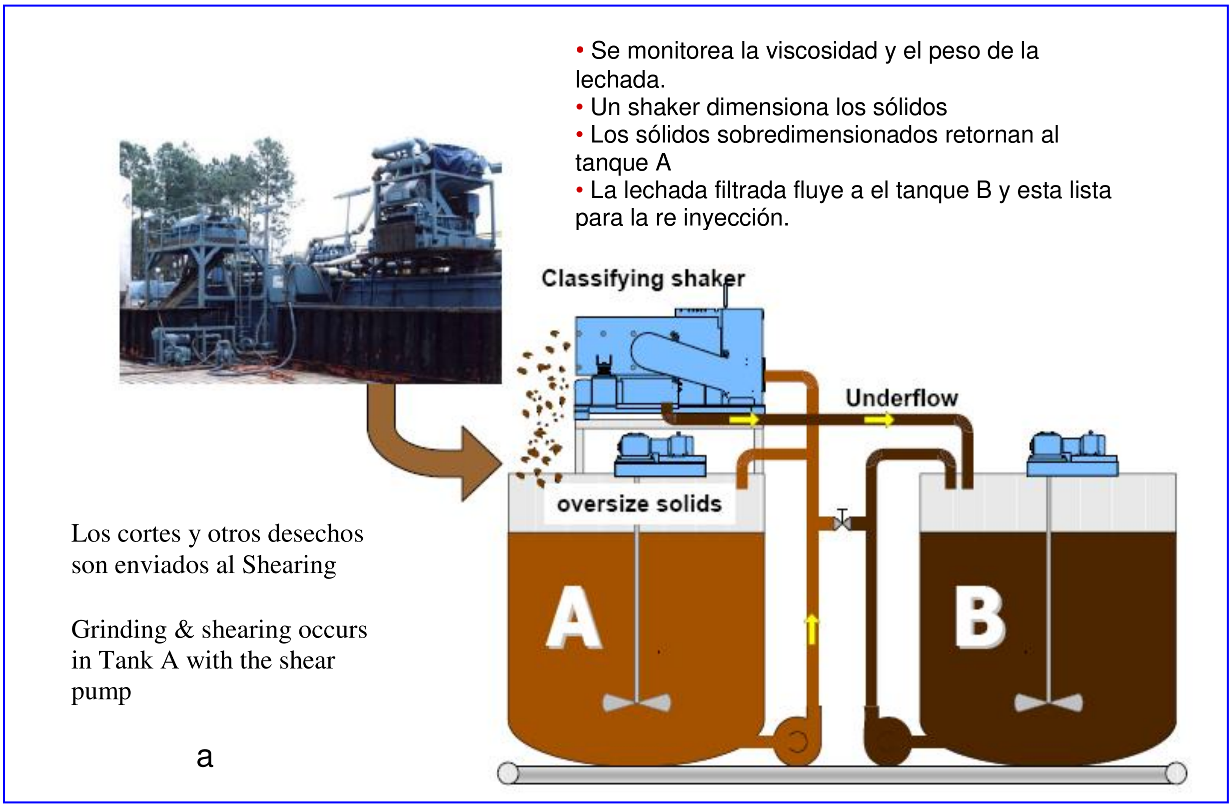


Fig. 3.28 Opciones para inyectar ripios de perforación, fuente Internet, mayo 2007

El proceso se lo puede describir brevemente de la siguiente manera



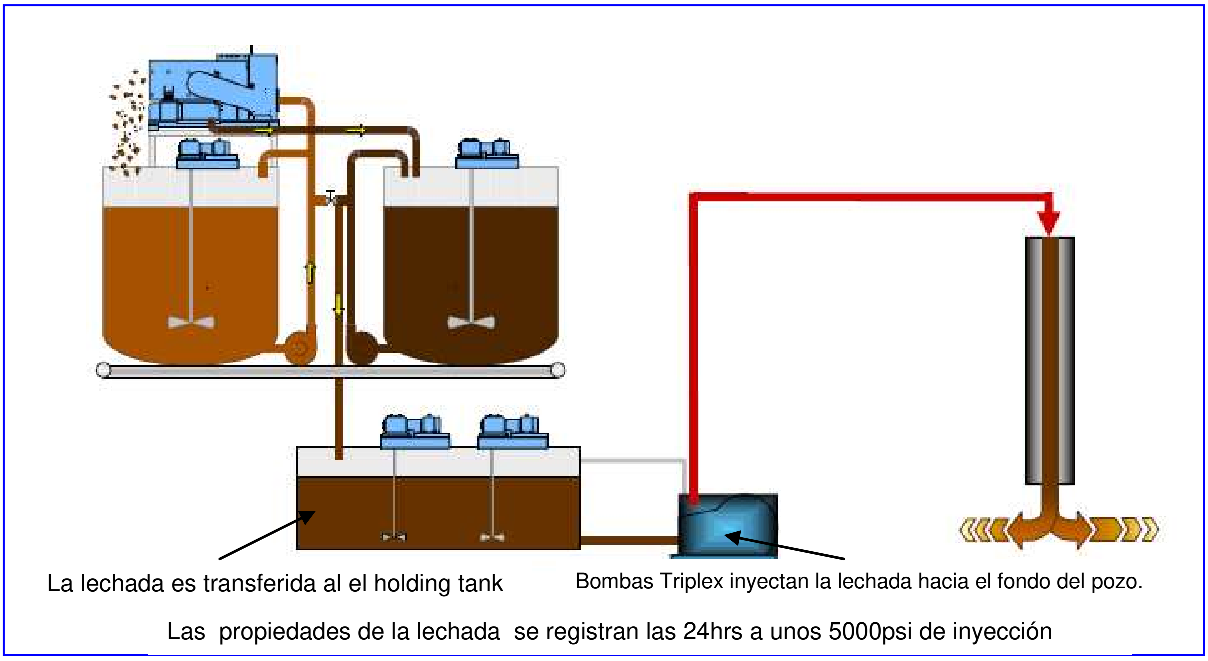
- Se monitorea la viscosidad y el peso de la lechada.
- Un shaker dimensiona los sólidos
- Los sólidos sobredimensionados retornan al tanque A
- La lechada filtrada fluye a el tanque B y esta lista para la re inyección.

Los cortes y otros desechos son enviados al Shearing

Grinding & shearing occurs in Tank A with the shear pump

a

Fig. 3.29 Proceso para la Inyección de Ripios, fuente Curso Waste Managemente de Brandt, y arreglado por Cristina Ballesteros, proporcionado en oct/2006



La lechada es transferida al el holding tank

Bombas Triplex inyectan la lechada hacia el fondo del pozo.

Las propiedades de la lechada se registran las 24hrs a unos 5000psi de inyección

Fig. 3.30 Proceso para la Inyección de Ripios, fuente Curso Waste Managemente de Brandt, y arreglado por Cristina Ballesteros, proporcionado en oct/2006

3.2.8.1 Ventajas del Método.

Solución viable para perforaciones off shore siempre y cuando sean ripios base agua ya que base aceite según el Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburíferas (RAOH) en su Art. 29 literal d) dice “En operaciones costa afuera, se prohíbe la descarga de lodos de perforación en base de aceite, los mismos que deberán ser tratados y dispuestos en tierra”,

Es una alternativa eficaz en perforación offshore cuando el Ripio es base agua ya que elimina las cuotas de transporte de recortes y terrenos para desechos.

Aplicable en perforación de pozos grandes a alta velocidad, en un área de espacio limitado de trabajo por su tamaño compacto, temperatura bajo cero o movilidad requerida.

Donde se utilicen múltiples pozos para desecho, o cuando los patrones de tráfico o el medio ambiente dificulten la transportación a larga distancia, podría fabricarse un sistema móvil para que se mueva con el equipo de perforación.

Es una alternativa para disponer los desechos en el interior de las formaciones y no en superficie o pasivamente.

3.2.8.2 Desventajas

Los tipos de formaciones pueden restringir la capacidad de inyección. No hay que olvidar según el articulo 29 literal c) del Reglamento Ambiental para Operaciones hidrocarburíferas (RAOH) hay que cumplir lo siguiente: “Cualquier empresa para disponer de desechos líquidos por medio de inyección en una formación porosa tradicionalmente no productora de petróleo, gas o recursos geotérmicos, deberá contar con el estudio aprobado por la Subsecretaría de Protección Ambiental del Ministerio de Energía y Minas”

Requiere de altas potencias de caballo (horsepower)

En condiciones de perforación lentas es más costoso ya que es arreglado en base a tarifas diarias en otros lugares como en el Mar del Norte.

CAPITULO IV

4. PROPUESTA EXPERIMENTAL

Introducción

La siguiente Propuesta Experimental y parte fundamental de éste trabajo data sobre el Geo-Confinamiento de Desechos de Perforación (Lodos y Ripios de Perforación), lo cual

Fig. 4.1 Geotubos de Tratamiento, fuente Internet, mayo 2007

ha tenido ninguna aplicación en el Área Petrolera en el país, el objetivo es Tratar (acondicionar) y Disponer los desechos, en una bolsa o contenedor de Geotextil denominado “Geotubo” para que cumpla los procesos de Almacenamiento, Deshidratación, Confinamiento y finalmente Disposición los Desechos de Perforación

En otras partes del mundo ésta tecnología ha bombeado millones de galones de desperdicio dentro del Contenedor Geotubo para guardar y realizar el proceso de deshidratación (dewatering) tanto para desperdicios industriales, municipales y sedimentos marinos. La industria del papel, las compañías de químicos y plantas nucleares de poder son solo unos pocos de las áreas que se han beneficiado de la tecnología de los Geotubos.

4.1 Generalidades del Proyecto

4.1.1 Resumen del Proyecto

Se realizó ensayos de coagulación-floculación a diferentes muestras de desecho (lodo o fluido de perforación) con el que se perfora la segunda sección de 9 7/8” (diámetro del hueco) generalmente las profundidades de 6000 a 10000 ft del Área de Mahogany del Campo Tarapoa al que denominaremos en esta tesis Lodo CrisBa, con el fin de acondicionar dicho desecho y dejarlo listo para que pueda ser dispuesto en la bolsa de Geotextil y se pueda llevar a cabo el Tratamiento y Disposición del Desecho.

4.1.2. Definición de Geotubo

Un geotextil es un material plano, permeable, de apreciada deformabilidad, de poco peso y espesor, formado por fibras poliméricas termoplásticos, estas fibras están tejidas formando capas entrecruzadas perpendicularmente entre si, construyendo estructuras bidimensionales anisotrópicas donde se distinguen dos direcciones, la urdimbre y la trama. Además son materiales de gran simplicidad de aplicación y de grandes ventajas económicas. Los geotextiles se caracterizan por: tipo de polímero (los mas empleados son las de tipo petroquímico: poliéster, polietileno o polipropileno), tipo de fibra y proceso de fabricación. Entre las funciones hidráulicas están las de filtración y la de drenaje. Entre las funciones mecánicas destacan la de separación, la de refuerzo y la de protección. Es así que, a un *Geotubo* se lo define como elementos elaborados en base de geotextiles de alto módulo con filamentos tridimensionales, para dar soluciones en menor tiempo y que minimicen al máximo los daños ambientales, ya que se trata de inyección de materiales dragados o succionados del sitio, directamente al geotubo.

Fig. 4.2 Geotubo, fuente Internet, mayo 2007

Los Geotextiles tejido de alto módulo están en capacidad de:

- Presentar una permeabilidad suficiente para aliviar el exceso de presión de agua.
- Retener el material de llenado.
- Resistir las fuerzas de abrasión durante las operaciones de llenado.

- Sobrevivir a los procesos de instalación.
- Resistencia al punzonamiento y al rasgado.

Aplicaciones generales de los Geotubos:

- Protección de riveras.
- Estructuras de encauce de ríos.
- Aplicaciones costeras
- Islas Artificiales
- Construcción de diques y bermas bajo agua
- *Almacenamiento y Confinamiento de material contaminado.*

Los Geotubos sirven para el control de:

- Inundaciones o desbordamientos
- Crecientes de ríos y mareas altas.
- Direccionamiento de flujos
- Rompeolas
- Muros altamente flexibles

4.1.3 Fluido de Perforación (Lodo de Perforación) utilizado en el Área.

El diseño del Lodo CrisBa para la perforación de los pozos en el área de Mahogany, el cual es en su totalidad base-agua, esta formulado con aminas como inhibidores de arcilla, para minimizar el contenido de sólidos disueltos y conductividad. **La ventaja de la utilización de lodos en base a compuesto de aminas permite reducir considerablemente la conductividad eléctrica de los efluentes lixiviados, hasta valores inferiores a los límites permisibles.** Se podría definir a las Aminas según Microsoft ® Encarta ® 2006. © 1993-2005 como el nombre que reciben los compuestos producidos a menudo en la descomposición de la materia orgánica, que se forman por sustitución de uno o varios átomos de hidrógeno del amoníaco por grupos orgánicos.

El lodo CrisBa, entre otras cosas, esta formado de los siguientes componentes:

- Inhibidor de Arcillas a base de Aminas
- Encapsulador
- Reductor de Perdida de Filtrado
- Regulador de pH
- Viscosificante

4.2 Instalación experimental

Equipo de laboratorio jar-test para ensayos de coagulación y floculación.

Se dispone de un equipo de laboratorio "Jar-Test o Equipo de Jarras” provisto de 4 unidades de tratamiento simultáneas. Cada una de ellas dispone de un agitador de palas normalizado con regulador de velocidad para el mezclado rápido o lento de las etapas de coagulación y floculación respectivamente.

Fig. 4.3 Equipo Jar Test o Equipo de Jarras, Cristina Ballesteros, Abril 2007

4.2.1. Definición de Coagulación y Floculación

Puesto que los fluidos de perforación contienen material suspendido, sólidos que pueden sedimentar en reposo y/o sólidos dispersados que no sedimentan con facilidad (coloides), las operaciones de coagulación y floculación desestabiliza éstos sólidos dispersados (impide el choque de las partículas puesto que ellas se encuentran estabilizadas por una serie de cargas de igual signo sobre sus superficies haciendo que se repelan dos partículas vecinas) formando masas mayores llamadas flóculos que consiguen su sedimentación. Esto se logra por lo general con la adición de agentes químicos y aplicando energía de mezclado., éste último lo proporciona el Jar Test o Equipo de Jarras.

Por lo tanto coagulación y floculación se definen como:

Coagulación: Desestabilización de un coloide producida por la eliminación de las dobles capas eléctricas que rodean a todas las partículas coloidales, con la formación de núcleos microscópicos.

Floculación: Aglomeración de partículas desestabilizadas primero en microflóculos, y más tarde en aglomerados voluminosos llamados flóculos.

En la figura 1 se muestra como los coagulantes cancelan las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide permitiendo la aglomeración y la formación de flóculos.

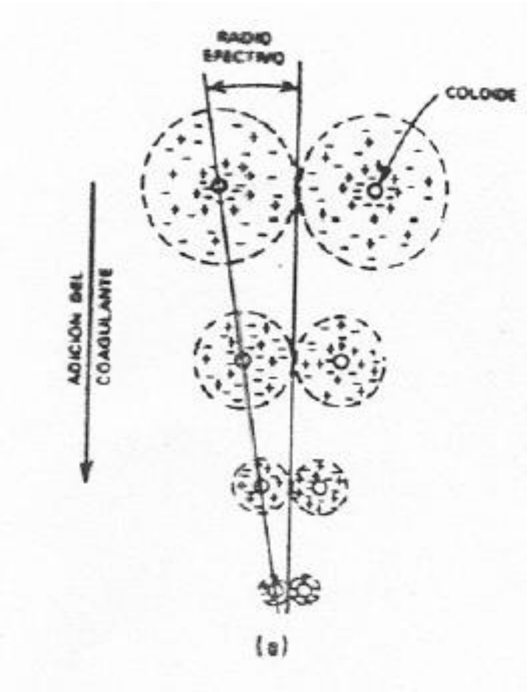


Fig. 4.4 Desestabilizacion del coloide, fuente Internet, mayo 07

Estos flóculos inicialmente son pequeños, pero se juntan y forman aglomerados mayores capaces de sedimentar. Para favorecer la formación de aglomerados de mayor tamaño se adicionan un grupo de productos denominados floculantes.

Entre los coagulantes mas utilizados, se encuentran las sales metálicas (sulfato y cloruro de aluminio, sulfato y cloruro férrico o poliférrico, etc) y sustancias orgánicas denominadas generalmente electrolitos. Existen en el mercado una gran cantidad de polielectrolitos, muchos de ellos con nombres comerciales y formulas desconocidas pero se pueden clasificar como cationicos, anionicos y neutros y cada uno de alta, media o baja densidad.

4.3. Técnicas analíticas

Para evaluar la eficacia del tratamiento y la dosificación óptima de coagulantes y floculantes en las diferentes muestras se realizaron varias mediciones donde se puso a punto la técnica de pH, la cual mediante un electrodo y un pHmetro previamente calibrado con patrones de 4 y 7. El valor del pH sirve para establecer el tipo de reactivos.

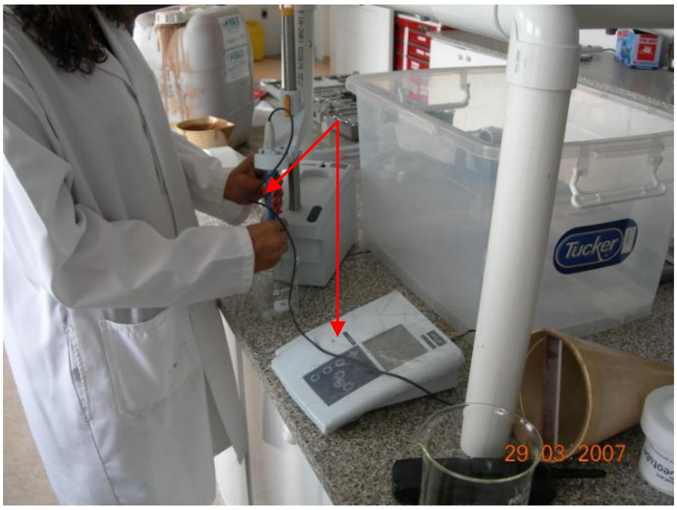


Fig. 4.5 pHmetro , Cristina Ballesteros, abril 2007

4.4 Procedimiento Experimental y Resultados.

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados del coagulante y los floculantes o la combinación de floculantes más eficiente que se relacionan necesariamente con las características físico-químico del desecho (Fluido de Perforación), y una vez que éste esté acondicionado (tratado) quede listo para su aplicación en el geotubo, para tal propósito se siguieron los siguientes pasos:

1.- Se tomó 4 muestras de lodo CrisBa de 150ml en vasos de precipitación y se midió su pH

2.- Se agregó en cada muestra diferentes dosis de Regulador de pH a una concentración establecida hasta alcanzar un pH de 11 agitando en cada ocasión por 20 segundos y registró el volumen utilizado para tal propósito en cada una de ellas.

3.- Se añadió diferentes dosis de Coagulante a una concentración establecida hasta alcanzar un pH de 4 a cada una de las muestras agitando en cada ocasión por 45 segundos y registró el volumen utilizado para tal propósito.

4.-De igual manera se agregó el Regulador de pH para neutralizar el pH de cada una de las muestras agitándolas en cada ocasión por 30 segundos y se registro el vol. de regulador utilizado.

5.- Finalmente se añadió el floculante 1, floculante 2, floculante 3 y floculante 4 en cada vaso de a poco y se agitaba por 30 segundos en cada ocasión y así hasta observar una buena floculación.

Tabla 4.1: Resultados Dewatering 150ml

Pruebas de Dewatering					
No. Muestra (150mlc/u)	Regulador de pH, ml	Coagulante,ml	Regulador de pH, ml	Floculante 1, ml	Floculante 2, ml
1	12,00	100,00	40,00	7,00	7,00
2	12,00	100,00	40,00	7,00	7,00

Nota. Con el floculante 3 y floculante 4 no se observo una buena floculación por lo que no se encuentran en la tabla. pH inicial de las muestras 7.1.

Se concluye que los siguientes volúmenes en el siguiente orden de adición son los más óptimos para una muy buena Coagulación y Floculación un una muestra de lodo CrisBa se 150ml:

1) Regulador de pH: 12ml
2) Coagulante: 100ml
3) Regulador de pH: 40ml
4) Floculante 1: 7ml
5) Floculante 2: 7ml

Conjuntamente, el lodo acondicionado de los vasos 1 y 2 se lo vaceó en un vaso- geotubo de prueba (vaso plástico de 250ml el cual tiene en su base una lamina de geotextil y un embudo para direccional el agua drenada (lixiviado) hacia un vaso de precipitación, ver figura siguiente) para medir la calidad de floculación del lodo a través de su paso por la lamina del geotextil. Hubo una buena coagulación y floculación ya que el lodo no taponó la lámina y el agua drenada no presento sólidos suspendidos con un pH neutro de 7.3

Fig. 4.6 Vaso- Geotubo de Prueba, Cristina Ballesteros, febrero/ 07

4.4.1 Fotos del Proceso de Deshidratación ó Dewatering (150ml de muestra).

Fig. 4.7 Solución de Coagulante y Floculantes, Cristina Ballesteros, abr/ 07

Fig. 4.8 Muestra de lodo con regulador de pH, Cristina Ballesteros, abr/ 07

Fig. 4.9 Muestra de lodo con regulador de pH y Coagulante, Cristina Ballesteros, abr/ 07

Fig. 4.10 Muestra de lodo con regulador de pH, Coagulante y floculante siendo adicionado, Cristina Ballesteros, abr/ 07

Fig. 4.11 Muestra de lodo coagulado y floculado, Cristina Ballesteros, abr/ 07

Fig. 4.12 Muestra de lodo con los flóculos sedimentados, Cristina Ballesteros, abr/ 07

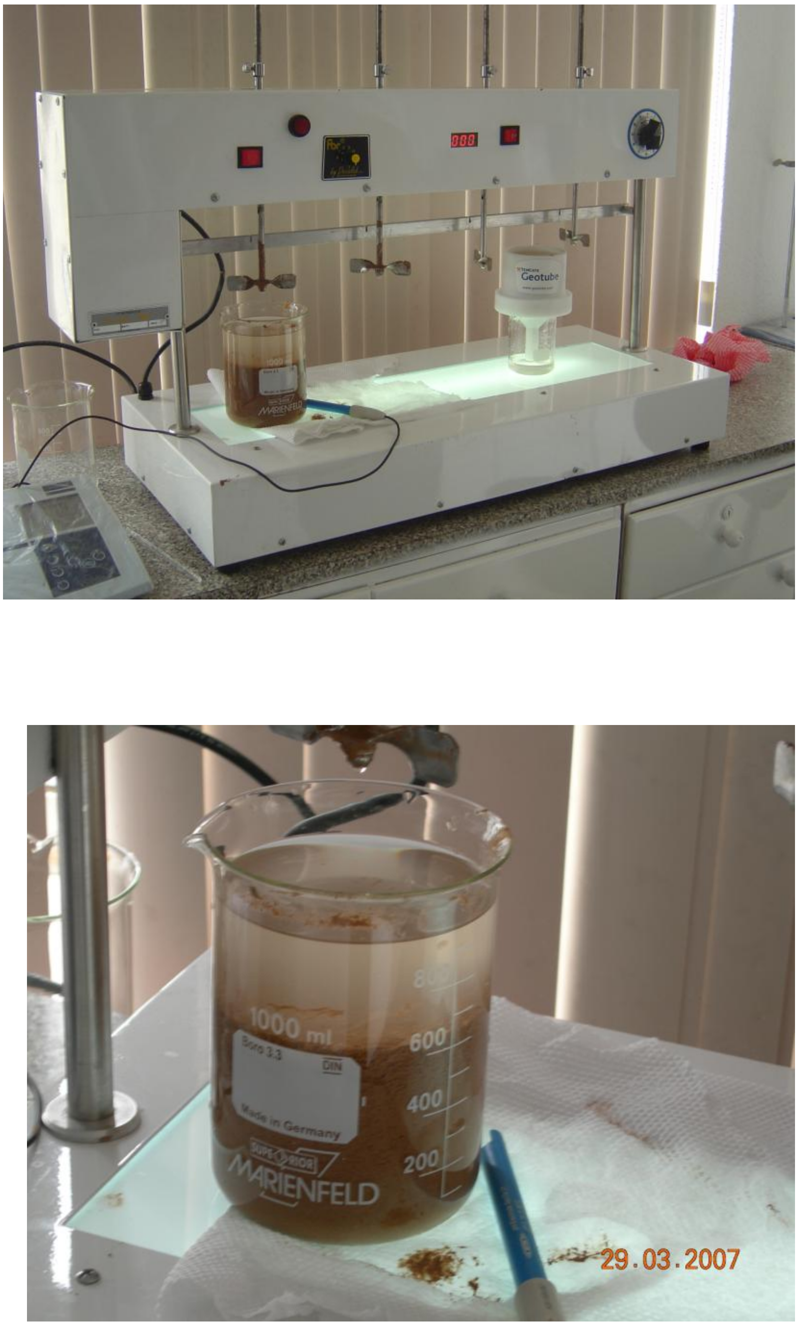


Fig. 4.13 y 4.14 Muestra de lodo con floculos totalmente sedimentados (acondicionado), Cristina Ballesteros, abril/ 07

Fig. 4.15 Muestra de lodo acondicionada vaceada en el Vaso-Geotubo de Prueba, Cristina Ballesteros, abr/ 07

Fig. 4.16 Muestra de lodo acondicionada vaceada del Vaso-Geotubo de Prueba una vez que dreno el lixiviado, Cristina Ballesteros, abr/ 07

Las figuras anteriores representan el Proceso de Dewatering, de acondicionamiento o de coagulación y floculación del desecho (fluido de perforación). La figura 4.7 es una muestra de los químicos utilizados: coagulante (vaso de plástico) y los floculantes (vasos de precipitación) para el propósito. La figura 4.8 muestra el lodo o fluido de perforación con regulador de ph, posteriormente la figura 4.9 muestra el lodo con coagulante en donde se empezó el proceso de desestabilización las partículas suspendidas, en la figura 4.10 y 4.11 esta el lodo con floculante en donde empezó la aglomeración de las partículas formando masas cada vez mas grandes. La figura 4.12, 4.13 y 4.14 muestra el lodo con flóculos y totalmente sedimentado. La figura 4.15 muestra el lodo una vez acondicionado (coagulado y floculado) vaceado en el Vaso-Geotubo en donde empezo el proceso de drenaje de los lixiviados. Finalmente la figura 4.16 muestra los ripios de perforación que quedan en el vaso después del proceso de drenaje.

Tabla 4.2 Resultados para Dewatering inicial 500ml

Pruebas de Dewatering					
Vol muestra, ml	Regulador de pH, ml	Coagulante,ml	Regulador de pH, ml	Floculante 1, ml	Floculante 2, ml
150	12,00	100,00	40,00	7,00	7,00
300	24,00	200,00	80,00	14,00	14,00
400	32,00	266,67	106,67	18,67	18,67
500	40,00	333,33	133,33	23,33	23,33

La tabla 4.2 muestra los valores que se utilizaron en el proceso de Deshidratación (Dewatering) inicial con 500ml de muestra valiéndose de una extrapolación de los resultados de 150ml.

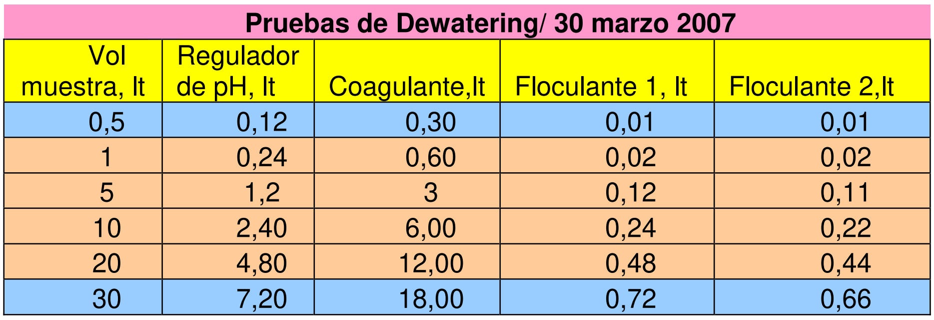
Se siguieron los siguientes pasos tomando valores referenciales de la tabla 2 para 500ml.

1.- Se tomó 4 muestras de 500ml en vasos de precipitación y se midió su pH

2.- Se agregó en cada una de las muestras regulador de pH, una cantidad inicial de 120ml en lugar de 173.33ml (133.33ml + 40ml, ver tabla 4.2) donde se alcanzó un pH de 11.8 con lo que fue suficiente, se agitó por un minuto (ok).

3.- Se añadió 300 ml de coagulante a la concentración establecida por separado en la primera y segunda muestra, se agito por un minuto y se alcanzó un pH de 4.87 luego se añadió 23ml de floculante 1 y 23 de floculante 2 en las muestras 1 y 2 respectivamente y se agitó por 30 segundos pero finalmente los flóculos no se formaron bien, por lo que se descartaron esas muestras =(. En la muestra 3 se optó por agregar de una vez la mezcla de sulfato (300ml) + floculante 1 (23ml) + floculante 2 (23ml) agitando por 45 segundos pero no se observo buena coagulación y por ende no muy buena floculación. En la muestra 4 se realizo el mismo procedimiento de la muestra 3 solo que la cantidad de floculantes se redujo a la mitad observándose una buena agrupación de partículas formándose flóculos cada vez mas grandes y por ende una buena sedimentación (muestra 4, ok).

Tabla 4.3 Resultados Finales de Dewatering 500ml y extrapolación para 30 litros



Pruebas de Dewatering/ 30 marzo 2007

Vol muestra, lt	Regulador de pH, lt	Coagulante,lt	Floculante 1, lt	Floculante 2,lt
0,5	0,12	0,30	0,01	0,01
1	0,24	0,60	0,02	0,02
5	1,2	3	0,12	0,11
10	2,40	6,00	0,24	0,22
20	4,80	12,00	0,48	0,44
30	7,20	18,00	0,72	0,66

La tabla 4.3 presenta los resultados finales de las dosificaciones de regulador de ph, coagulante y floculante utilizados para 500 ml, de los cuales se extrapoló para obtener resultados y para realizar el mismo proceso pero con 30 litros de lodo. Se concluye que con la siguiente dosificación se alcanzo la más óptima Coagulación y Floculación del Lodo CrisBa (500ml) en el siguiente orden:

1) Regulador de pH: 120ml
2) Coagulante + Floculante 1 + Floculante 2: 300ml + 120ml +110ml

Es importante destacar que después de haber realizado varios ensayos para que haya una excelente Coagulación y Floculación el orden de adición de las soluciones al lodo es un factor muy importante y es tal como se concluye arriba, primero agregamos el regulador de pH y luego agregamos la mezcla de coagulante, floculante 1 y floculante 2 y que ésto fue nuestra base para realizar lo mismo pero ahora con los 30 litros de lodo

4.4.2. Aplicación del Geotubo

Se armó la estructura del GDT (Geotube Demostration Test) tal como se muestra en la figura 4.18, se colocó un contenedor plástico para recoger el agua drenada (lixiviados), a continuación se colocó la bolsa de geotextil GDT encima de la estructura y se insertó el tubo de 70 cm de largo incluido (la tubería de 70 cm representa aproximadamente 1 psi de presión hidrostática).

Fig.4.17 Estructura GDT ó Geotube Demostratation Test, Cristina Ballesteros, abril 2007

Como ya fueron determinadas las dosificaciones de regulador de pH, coagulante y floculantes (ver tabla 4.3) ésto se lo mezcló con la muestra de lodo (30litros) de la misma manera y en el mismo orden haciendo uso de un taladro eléctrico de velocidad variable hasta que se formen los flóculos:

1) Regulador de pH: 7.2lt

2) Coagulante + Floculante 1 + Floculante 2: 18lt + 0.72lt +0.66lt (ver tabla 4.3)

Se lleno la bolsa GDT vaceando las cubetas de lodo aconcondicionado por la parte superior del tubo, un embudo pequeño se utilizó para facilitar el proceso. Se continuó llenando la bolsa GDT con lodo acondicionado hasta que el lodo suba la tubería indicando 1psi de presión hidrostática.

Se tomó muestras de líquido drenado cada media por dos horas y una vez deshidratada la bolsa se tomó una muestra ripios de la misma para determinar porcentaje en peso de sólidos, de agua, aceite y glicol.

Geotubo de Prueba

Geotube Demostration Test GDT

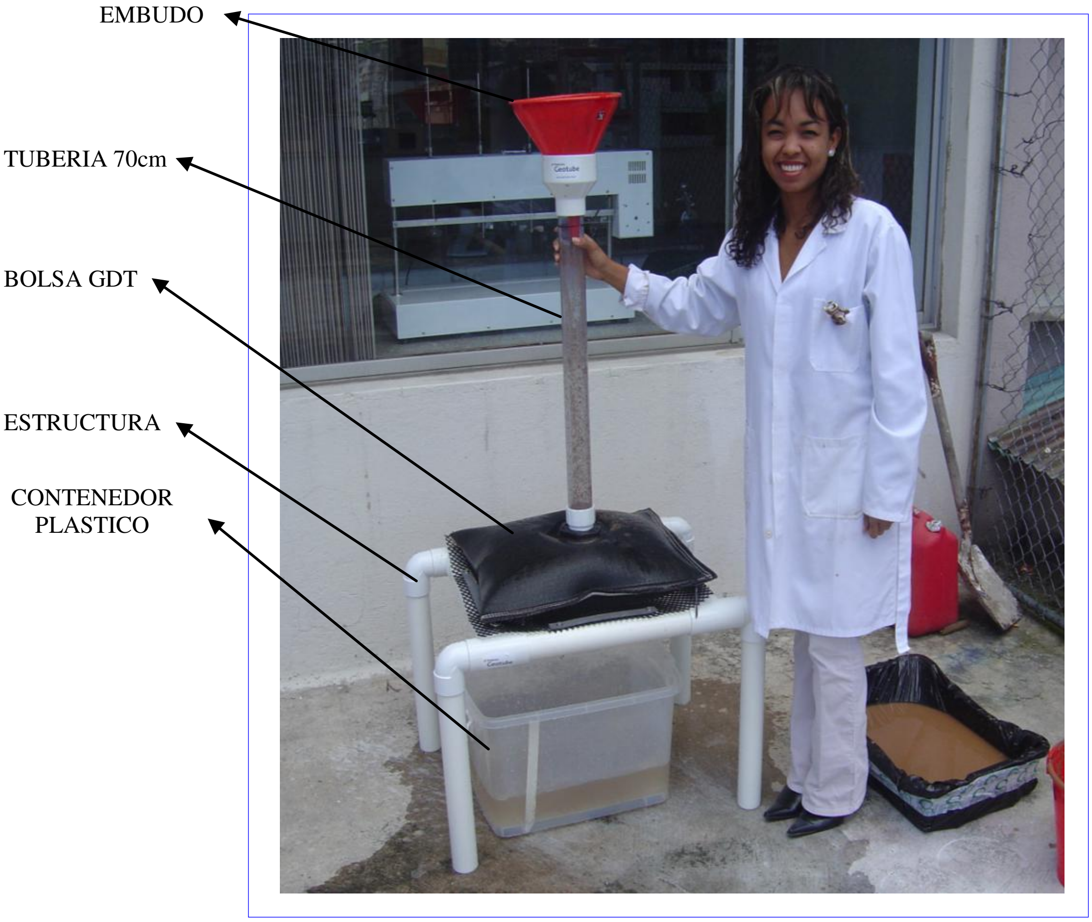


Fig.4.18 Partes de la Estructura GDT ó ó Geotube Demostratation Test. Cristina Ballesteros, abril 2007

4.4.2.1 Fotos del Proceso de Deshidratación ó Dewatering (30 litros de muestra)

Fig.4.19 Adición de Regulador de pH a la muestra de lodo, Cristina Ballesteros, abril 2007

Fig.4.20 Adición de la mezcla (Coagulante, floculante 1 y floculante 2), Cristina Ballesteros, abril 2007

-

Fig. 4.21 Agitación del lodo Floculado, Cristina Ballesteros, abril 2007

Fig. 4.22 Lodo Floculado, Cristina Ballesteros, abril 2007

Fig. 4.23 Proceso de Vaceado del lodo acondicionado a la Bolsa GDT, Cristina Ballesteros, abril 2007

Fig. 4.24 Lodo Acondicionado vaceado en la Bolsa, Cristina Ballesteros, abril 2007

Fig.4.25 Drenaje del Lixiviado, Cristina Ballesteros, abril 2007

Fig.4.26 Bolsa GDT después de una hora de haber sido llenada con lodo acondicionado, Cristina Ballesteros, abril 2007

Fig. 4.27 Muestras de Lixiviado (agua drenada) tomadas cada media hora por dos horas, Cristina Ballesteros, abril 2007

Las graficas anteriores muestran el proceso de Deshidratación o Acondicionamiento de 30 litros de lodo y su proceso de aplicación en el geotubo de muestra o GDT (Geotube Demostration Test). La figura 4.19 y 4.20 ilustran la adición de los químicos Regulador de pH, coagulantes y floculantes donde se ve la formación de los flóculos o bolitas de lodo para que se entienda mejor; la figura 4.21 muestra como se agita el lodo y los químicos con la ayuda de un taladro al cual se le anexó un aspa mezcladora, la figura 4.22 muestra el lodo acondicionado (coagulado y floculado) listo para que en la figura 4.23 y 4.24 muestre el vaceado del lodo en el Geotubo, en esta parte es importante recalcar que es importante que una vez floculado el lodo se lo introduzca de inmediato al geotubo, de no ser así se tendría que agitar el lodo floculado antes de meterlo al geotubo con el alto riesgo de que se rompan los flóculos y de esa manera drene agua (lixiviados) con un alto contenido de sólidos suspendidos. En la figura 4.25 y 4.26 se ilustra el proceso de drenaje del agua del geotubo hacia el contenedor plástico, donde Se recolecto, 31 y 32 litros de lixiviado en una y dos horas respectivamente lo que significa que hubo una rápida deshidratación. Finalmente la figura 4.27 muestra los lixiviados recolectados cada media por dos horas y media donde se puede apreciar que la ultima botella tiene agua mas clara con una cantidad mínima de sólidos suspendidos.

4.4.3. Análisis de Ripios y Lixiviados

Las tabla 4.6 la cual es un promedio de los resultados de la tabla 4.4 y 4.5 muestra el porcentaje en peso de agua, aceite y sólidos de los ripios se confinaron en el geotubo como es 53%, 0.68% y 42% de agua, aceite y sólidos respectivamente. Comparando estos valores con los obtenidos de la retorta del lodo inicial (antes de su acondicionamiento, ver tabla 4.7) se pudo apreciar que con la aplicación de esta nueva tecnología se drena una gran cantidad de agua (lixiviado), aproximadamente el 41% y por ende se confina una mayor cantidad de sólidos dentro del geotubo, aproximadamente un 38% lo cual se podría decir que son valores altos obteniendo así un alto valor de geo confinamiento de los ripios de perforación (ok!!)

Tabla 4.4 Resultados Retorta @ los19 días

Retorta del Ripio contenido en el Geotubo a los 19 dias			
Valores Obtenidos			
	Peso, gr	Temperatura	Peso neto
Colector	295,7		
Colector + **Ripio**	370,7		75
Probeta1	82,1		
Probeta + **Agua**	117,1	a 200oF por una hr.	35
Probeta 2	15,7		
Probeta 2 + **Aceite**	16,4	a 950oF por una hr.	0,7
Colector + **Solidos**	332,9		37,2
Resultados	% peso agua	% peso aceite	% peso de solidos
	46,667	0,933	49,6

Tabla 4.5 Resultados Retorta @ los 6 días

Retorta del Ripio contenido en el Geotubo a los 6 dias			
Valores Obtenidos			
	Peso, gr	Temperatura	Peso neto
Colector	295,6		
Colector + **Ripio**	365,1		69,5
Probeta1	80,2		
Probeta + **Agua**	121,5	a 200oF por una hr.	41,3
Probeta 2	15,6		
Probeta2 + **Aceite**	15,9	a 950oF por una hr.	0,3
Colector + **Solidos**	319		23,4
Resultados	% peso agua	% peso aceite	% peso de solidos
	59,42	0,43	33,67

Nota: no se tomo en cuenta el Glicol ya que éste es soluble en agua

Tabla 4.6 Promedios Retorta

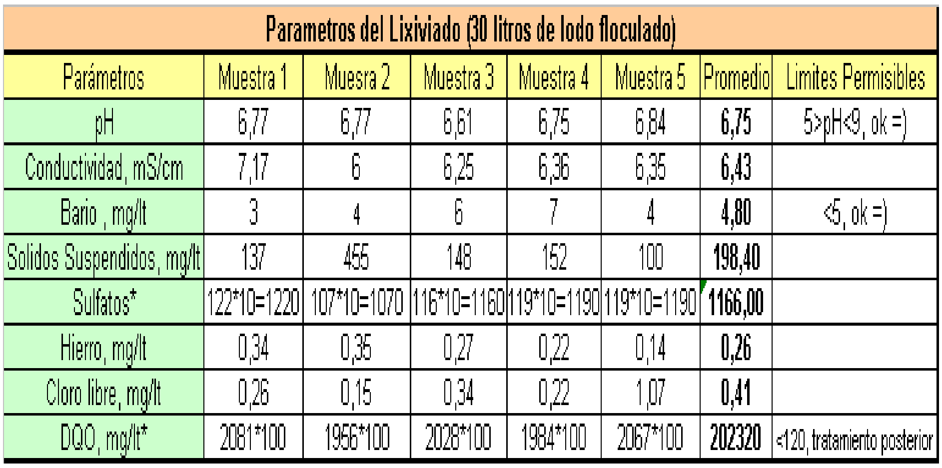
Promedios		
% peso agua	% peso aceite	% peso de solidos
53,05	0,68	41,63

Tabla 4.7 Promedios Lodo

Promedios Lodo		
% vol. agua	% vol. aceite	% vol. de sólidos
• 94	• 2	• 4

La tabla 4.8 muestra los resultados de las pruebas realizadas al lixiviado donde se pudo apreciar que en el agua drenada (lixiviado) tanto el pH, conductividad y Bario están dentro de los límites permisibles recogiendo al final agua clara con sólidos suspendidos bajos. Hay que destacar que estos parámetros fueron tomados a los 6 días de haber realizado el proceso en el Geotubo y cumplieron con ciertos limites permisibles según lo estipula la tabla 7 del anexo 2 del Reglamente Ambiental para las Operaciones Hidrocarburiferas (RAOH) siendo una solución mas para desventajas del sistema actual el cual tiene un tiempo lento de reacción de 2 a 6 meses para alcanzar los limites permisibles con un mantenimiento diario inicial.

Tabla 4.8 Resultado Lixiviados



Parametros del Lixiviado (30 litros de lodo floculado)							
Parámetros	Muestra 1	Muesra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Promedio	Limites Permisibles
pH	6,77	6,77	6,61	6,75	6,84	**6,75**	5>pH<9, ok =)
Conductividad, mS/cm	7,17	6	6,25	6,36	6,35	**6,43**	
Bario , mg/lt	3	4	6	7	4	**4,80**	<5, ok =)
Solidos Suspendidos, mg/lt	137	455	148	152	100	**198,40**	
Sulfatos*	122*10=1220	107*10=1070	116*10=1160	119*10=1190	119*10=1190	**1166,00**	
Hierro, mg/lt	0,34	0,35	0,27	0,22	0,14	**0,26**	
Cloro libre, mg/lt	0,26	0,15	0,34	0,22	1,07	**0,41**	
DQO, mg/lt*	2081*100	1956*100	2028*100	1984*100	2067*100	**202320**	<120, tratamiento posterior

Las siguientes fotos muestran los análisis que se hizo a los ripios a los 6 y 19 días después de haber sido dispuesto el lodo acondicionado en el geotubo, el análisis consiste en hacer Pruebas de Retorta para determinar el porcentaje de agua, aceite y sólidos, los cuales determinaron un bajo porcentaje de agua a los 6 días y mucho menos a los 19 días indicando que el geotubo si cumple con un excelente proceso de deshidratación

=) (ver tabla 4.5 donde muestra un porcenaje en agua en 60% a los 6 días y 4.4 donde muestra un porcentaje en agua de 47%). Las figuras también muestran los análisis realizados al lixiviado el cual mostró un pH neutro de 7.3 cumpliendo así con lo que estipula el Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburiferas RAOH en su tabla 7 Anexo 2, también se realizo análisis de DQO o demanda química de oxigeno con el equipo HATCH.

4.4.3.1 Fotos de los Análisis de Ripios y Lixiviados en la Aplicación del Geotubo.

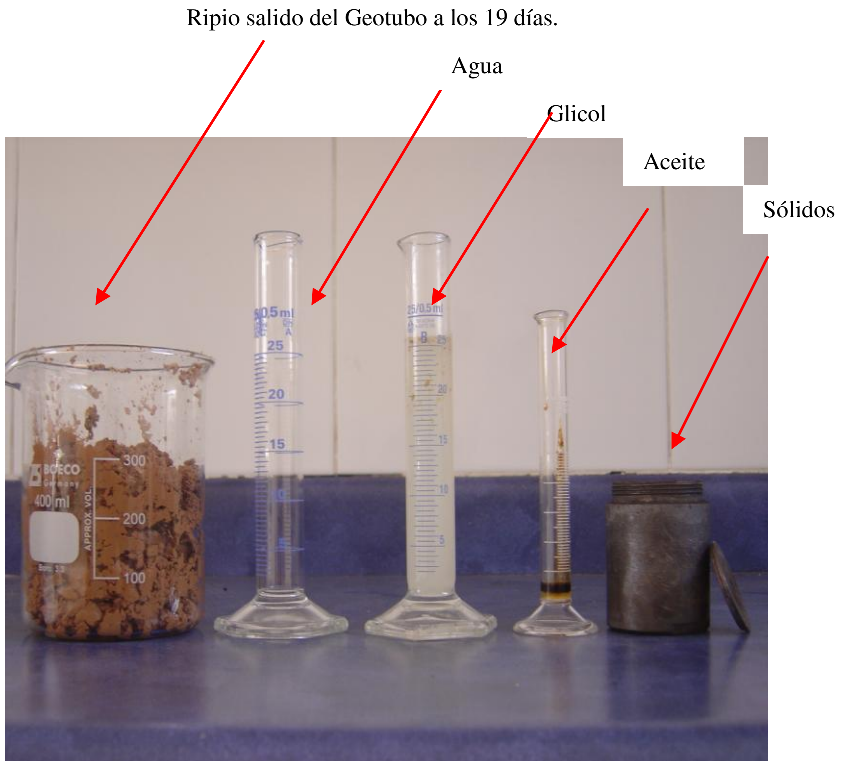


Fig.4.28 Imágenes representativas de la Retorta realizada a los Ripios Confinados en el Geotubo a los 6 y 19 días de haber sido almacenados dentro de él, Cristina Ballesteros, abril 2007

Fig.4.29 Ripio salido del geotubo a los 6 días (luce mas húmedo que en la grafica anterior), Cristina Ballesteros, abril 2007

Fig.4.30 Sólidos, una vez realizada la Retorta, Cristina Ballesteros, abril 2007

Fig4.31 Determinación de Ba, Cl, Fe, Sulfatos y sólidos suspendidos con el Equipo HATCH, Cristina Ballesteros, abril 2007

Fig.4.32 Determinación de DQO (Demanda Química de Oxigeno) con el Equipo HATCH, Cristina Ballesteros, abril 2007

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El análisis de los componentes de los fluidos de perforación tal como su origen (componentes, concentraciones) y de las características físico-químico de los desechos permite saber que método implementar al momento de Tratar los Ripios de Perforación.

La utilización de lodos en base a compuesto de aminas permite reducir considerablemente la conductividad eléctrica de los efluentes lixiviados, hasta valores inferiores a los límites permisibles según el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en su Anexo 2 Tabla 7.

La alternativa entre todas las opciones para Tratamiento de Ripios de Perforación depende de los parámetros a regularse según sea el caso y según lo estipula el Reglamento Ambiental para las Operaciones

Hidrocarburíferas aquí en el Ecuador (RAOH), de la cantidad de desechos a disponer, del área asignada para la disposición, tipo de agente fijador seleccionado según sea el caso, etc

La implementación de centros de Acopio es una buena alternativa para el tratamiento de Ripios de Perforación (Ex situ) puesto que estos ahorran espacio en taladro por lo que ese espacio podría ser utilizado para otros propósitos de la Perforación;

Según información proporcionada en taladro, en Venezuela los centros de Acopio son muy utilizados.

La optimización de la ubicación de los Geotubos brindan una ventaja al mejor rendimiento de espacio en locación puesto que pueden ser apilados uno sobre otro; este punto ofrece una solución para la desventaja existente en el sistema actual, debido a que éste requiere una amplia área para su aplicación.

El orden de adición y combinación de los químicos es importante al momento de querer coagular y flocular un fluido de perforación.

Recomiendo:

La aplicabilidad de la propuesta experimental, para de esta manera ver el comportamiento del desecho y su aplicación en los Geotubos a condiciones de taladro, previo a esto recomiendo un tratamiento o acondicionamiento del desecho a escala macro (>>>30litros) para de esta manera hallar la dosis más eficiente de Reguladores de pH, Coagulantes y Floculantes (ver varias opciones) que se relacionen necesariamente con las características físico-químico del desecho.

Para aplicar la propuesta experimental, el desecho de perforación debe ser acondicionado realizando el proceso de coagulación y Floculación, para que de esta forma, se facilite y el proceso de Deshidratación y Confinamiento en el Geotubo..

Una vez floculado el lodo éste debe ser introducido de inmediato al geotubo, de no ser así se tendría que agitar el lodo floculado antes de meterlo al geotubo con el alto riesgo de que se rompan los flóculos y de esa manera drene agua (lixiviados) con un alto contenido de sólidos suspendidos.

La utilización de los ripios confinados en el Geotubo para la reforestación de zonas deforestadas puesto que éste puede ser abierto una vez que los ripios cumplan con todos los parámetros como lo exige el Reglamento Ambiental para Operaciones Hidrocarburiferas RAOH

Hacer estudios económicos de la nueva tecnología y comparar esos resultados con los datos económicos de la aplicación actual para asi tener una base más para saber por cual método optar.

Estudiar la utilización de los Geotubos en otras aplicaciones como en los campos de la Ing. Civil, Geología, entre otras.

ANEXOS

LEGISLACIÓN PARA DISPOSICIÓN DE RIPIOS DE PERFORACIÓN

En cuanto a la Disposición de Ripios de Perforación, el Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador, refiere lo siguiente:

Parámetros y límites permisibles para el monitoreo y control ambiental

El tratamiento y la disposición de lodos y ripios de perforación se controla en base de pruebas de lixiviación. Los límites permisibles para los diferentes parámetros se establecen de manera diferenciada, dependiendo del tipo de disposición final, con o sin impermeabilización de la base. El muestreo y análisis se efectuará en el momento de la disposición, así como a los 7 días, 3 y 6 meses posteriores.

ART. 52.– Normas operativas. – (literal d2, junto con sus numerales 2.1, 2.2, 2.3 y 2.5)

d.2 **Del tratamiento y disposición final de fluidos y ripios de perforación.-**

2.1 Todo sitio de perforación en tierra o costa afuera dispondrá de un sistema de tratamiento y disposición de los fluidos y sólidos que se produzcan durante la perforación.

2.2 Durante la perforación y concluida ésta, los fluidos líquidos tratados a medida de lo posible deberán reciclarse y/o podrán disponerse conforme con lo dispuesto en el artículo 29 de este Reglamento (Art. 29 se refiere a la disposición de fluidos líquidos). El monitoreo físico-químico de las descargas al ambiente se realizará diariamente y será documentado y reportado a la Subsecretaría de Protección Ambiental en informes mensuales.

2.3 Durante y después de la perforación, los desechos sólidos, tanto lodos de decantación así como ripios de perforación tratados, podrán disponerse una vez que cumplan los parámetros y límites de la Tabla No. 7 del Anexo 2 de este Reglamento.

2.5 En caso de usarse lodos en base de aceite mineral su disposición final será en tierra, cumpliendo con los límites permisibles de la Tabla No. 4 del Anexo 2 de este Reglamento; los lodos de decantación procedentes del tratamiento de los fluidos serán tratados y dispuesto, cumpliendo con los límites permisibles establecidos en la Tabla No. 7 del Anexo 2 de este Reglamento.

ART. 56.– Perforación de desarrollo.– (literal c) Se observarán las siguientes disposiciones:

c) Los fluidos y/o ripios de perforación podrán ser tratados y dispuestos o inyectados, conforme a lo establecido en el artículo 29 de este Reglamento.

ART. 29.– Manejo y tratamiento de descargas líquidas. – Toda instalación, incluyendo centros de distribución, sean nuevos o remodelados, así como las plataformas off-shore, deberán contar con un sistema convenientemente segregado de drenaje, de forma que se realice un tratamiento específico por separado de aguas lluvias y de escorrentías, aguas grises y negras y efluentes residuales para garantizar su adecuada disposición. Deberán disponer de separadores agua-aceite o separadores API ubicados estratégicamente y piscinas de recolección, para contener y tratar cualquier derrame así como para tratar las aguas contaminadas que salen de los servicios de lavado, lubricación y cambio de aceites, y evitar la contaminación del ambiente. En las plataformas off-shore, el sistema de drenaje de cubierta contará en cada piso con válvulas que permitirán controlar eventuales derrames en la cubierta y evitar que estos se descarguen al ambiente. Se deberá dar mantenimiento permanente a los canales de drenaje y separadores.

a) **Desechos líquidos industriales, aguas de producción, descargas líquidas y aguas de formación.-** Toda estación de producción y demás instalaciones industriales dispondrán de un sistema de tratamiento de fluidos resultantes de los procesos.

No se descargará el agua de formación a cuerpos de agua mientras no cumpla con los límites permisibles constantes en la Tabla No. 4 del Anexo 2 de este Reglamento;

b) **Disposición.**- Todo efluente líquido, proveniente de las diferentes fases de operación, que deba ser descargado al entorno, deberá cumplir antes de la descarga con los límites permisibles establecidos en la Tabla No. 4 del Anexo 2 de este Reglamento.

Los desechos líquidos, las aguas de producción y las aguas de formación deberán ser tratadas y podrán ser inyectadas y dispuestas, conforme lo establecido en el literal c) de este mismo artículo, siempre que se cuente con el estudio de la formación receptora aprobado por la Dirección Nacional de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas en coordinación con la Subsecretaría de Protección Ambiental del mismo Ministerio.

Si estos fluidos se dispusieren en otra forma que no sea a cuerpos de agua ni mediante inyección, en el Plan de Manejo Ambiental se establecerán los métodos, alternativas y técnicas que se utilizarán para su disposición con indicación de su justificación técnica y ambiental; los parámetros a cumplir serán los aprobados en el Plan de Manejo Ambiental;

c) **Reinyección de aguas y desechos líquidos.** - Cualquier empresa para disponer de desechos líquidos por medio de inyección en una formación porosa tradicionalmente no productora de petróleo, gas o recursos geotérmicos, deberá contar con el estudio aprobado por la Subsecretaría de Protección Ambiental del Ministerio de Energía y Minas que identifique la formación receptora y demuestre técnicamente:

c.1) que la formación receptora está separada de formaciones de agua dulce por estratos impermeables que brindarán adecuada protección a estas formaciones;

c.2) que el uso de tal formación no pondrá en peligro capas de agua dulce en el área;

c.3) que las formaciones a ser usadas para la disposición no contienen agua dulce; y,

c.4) que la formación seleccionada no es fuente de agua dulce para consumo humano ni riego, esto es que contenga sólidos totales disueltos mayor a 5,000 (cinco mil) ppm.

El indicado estudio deberá incorporarse al respectivo Plan de Manejo Ambiental;

d) **Manejo de desechos líquidos costa afuera o en áreas de transición.-** Toda plataforma costa afuera y en áreas de transición, dispondrá de una capacidad adecuada de tanquería, en la que se receptarán los fluidos provenientes de la perforación y/o producción, para que sean eliminados sus componentes tóxicos y contaminantes previa su descarga, para la cual tiene que cumplir con los límites dispuestos en la Tabla No. 4 del Anexo 2 de este Reglamento.

En operaciones costa afuera, se prohibe la descarga de lodos de perforación en base de aceite, los mismos que deberán ser tratados y dispuestos en tierra. En las plataformas off-shore se instalarán circuitos cerrados para el tratamiento de todos los desechos líquidos; y,

e) **Aguas negras y grises. -** Todas las aguas servidas (negras) y grises producidas en las instalaciones y durante todas las fases de las operaciones hidrocarburíferas, deberán ser tratadas antes de su descarga a cuerpos de agua, de acuerdo a los parámetros y límites constantes en la Tabla No. 5 del Anexo 2 de este Reglamento.

En los casos en que dichas descargas de aguas negras sean consideradas como útiles para complementar los procesos de tratamiento de aguas industriales residuales, se especificará técnicamente su aplicación en el Plan de Manejo Ambiental. Los parámetros y límites permisibles a cumplirse en estos casos para las descargas serán los que se establecen en la Tabla No. 4 del Anexo 2 de este Reglamento.

Los parámetros y límites permisibles establecidos en la Tabla No. 10 del Anexo 2 de este Reglamento se aplicarán en los casos que el monitoreo rutinario especificado en el presente Reglamento indique anomalías en las descargas para profundizar la información previo a la toma de acciones correctivas, o cuando la Subsecretaría de Protección Ambiental lo requiera, así como cada seis meses para una caracterización completa de los efluentes.

Para la caracterización de las aguas superficiales en Estudios de Línea Base – Diagnóstico Ambiental, se aplicarán los parámetros establecidos en la Tabla No. 9. Los resultados de dichos análisis se reportarán en el respectivo Estudio Ambiental con las coordenadas UTM y geográficas de cada punto de muestreo, incluyendo una interpretación de los datos.

ART. 59.– Tratamiento y cierre de piscinas. (literal b)

b) Piscinas secas: Las piscinas secas que no contienen agua pero sí crudo o lodos de perforación en su fondo, serán remediadas conforme a lo establecido en los puntos a.3), a.5), a.6) y a.7) de este artículo, hasta que cumplan con los límites establecidos en las Tablas No. 6 y 7 del Anexo 2 de este Reglamento

a.3) El crudo que no pudiese ser recuperado será tratado en la propia piscina o ex situ de conformidad con el programa o proyecto de remediación aprobado, favoreciendo tecnologías de biorremediación con microorganismos endémicos del sitio en remediación; no se permite la aplicación de microorganismos genéticamente modificados.

a.5) Una vez evacuados el crudo y/o el agua, se tratarán el suelo del fondo y las paredes de la piscina conforme lo establecido en el punto a.3) de este artículo, hasta que cumpla con los parámetros y límites establecidos en la Tabla No. 6 del Anexo 2 de este Reglamento, y se rehabilitará el sitio. En el caso que no se tapone la piscina y se quiera utilizar por la comunidad o el propietario a solicitud expresa y bajo su responsabilidad, se analizará la calidad del agua y las características de los sedimentos previo a la entrega. La calidad del agua en este caso deberá evaluarse en función del uso planificado; para piscicultura se podrá hacer la evaluación en función de los parámetros y valores referenciales de la Tabla No. 11 del Anexo 3 de este Reglamento.

a.6) Los desechos sólidos y otros materiales encontrados en la piscina a tratar serán clasificados y almacenados temporalmente en sitios preparados con geomembrana, que contarán con un sistema de recolección y control de lixiviados y escorrentías. Los desechos sólidos inorgánicos serán llevados del sitio para su tratamiento, reciclaje y/o disposición. Los desechos sólidos orgánicos se podrán tratar en el sitio con tecnologías aceptadas ambientalmente, y conforme consta en el Programa o Proyecto de Remediación antes mencionado.

a.7) La incineración controlada de desechos sólidos provenientes de la piscina a tratar se llevará a cabo en incineradores con sobreoxigenación que garanticen una combustión completa previa autorización de la

Subsecretaría de Protección Ambiental, y controlando las emisiones a la atmósfera conforme a los valores máximos referenciales establecidos en la Tabla No. 3 del Anexo 2 de este Reglamento. Se prohíbe la incineración abierta y no controlada de dichos desechos.

Tabla 3 Valores máximos referenciales para emisiones a la atmósfera.

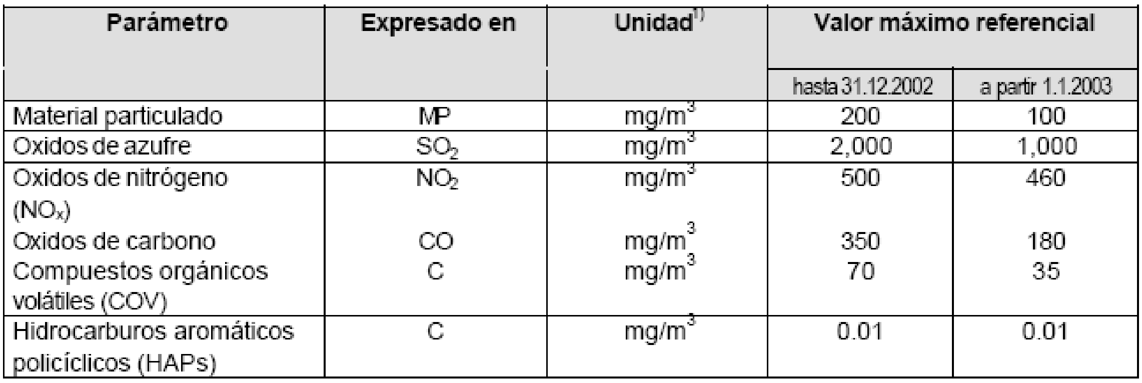
Parámetros y valores máximos referenciales que se deberán monitorear y controlar en los puntos de emisión. Estos valores representan un marco referencial para la fijación posterior de límites permisibles, por lo tanto se deberán considerar valores recomendados.

La periodicidad de los muestreos y análisis deberá cumplir con lo siguiente:

- Semanalmente en refinerías (emisión total de la instalación);
- Mínimo trimestralmente en mecheros, calderos, generadores y otras fuentes de emisión, excepto aquellos referidos en el siguiente punto;

Semestralmente para las fases, instalaciones y actividades de almacenamiento, transporte, comercialización y venta de hidrocarburos.

Los puntos de muestreo se ubicarán en el punto de emisión (puertos de muestreo en chimeneas o en la salida del respectivo ducto). Se realizarán por lo menos dos lecturas a un intervalo de dos horas para la determinación de cada parámetro. Adicionalmente a los parámetros especificados en la tabla se reportarán los valores de oxígeno (% O2) y temperatura para cada medición.



Parámetro	Expresado en	Unidad$^{1)}$	Valor máximo referencial	
			hasta 31.12.2002	a partir 1.1.2003
Material particulado	MP	mg/m^3	200	100
Oxidos de azufre	SO_2	mg/m^3	2,000	1,000
Oxidos de nitrógeno (NO_x)	NO_2	mg/m^3	500	460
Oxidos de carbono	CO	mg/m^3	350	180
Compuestos orgánicos volátiles (COV)	C	mg/m^3	70	35
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	C	mg/m^3	0.01	0.01

TABLA 4.- Límites permisibles para el monitoreo ambiental permanente de aguas y descargas líquidas en la exploración, producción, industrialización, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos y sus derivados, inclusive lavado y mantenimiento de tanques y vehículos.

4.a) límites permisibles en el punto de descarga de efluentes (descargas líquidas).

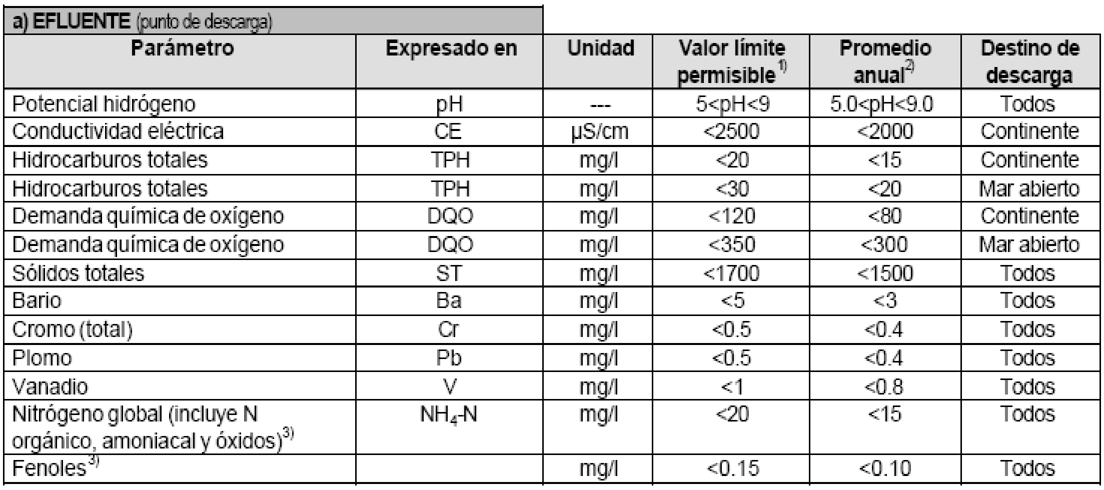
4.b) límites permisibles en el punto de control en el cuerpo receptor (inmisión).

Tienen que cumplirse los límites establecidos en los dos puntos; quiere decir que si el efluente cumple con los límites establecidos pero en el punto de control se sobrepasan los límites, tienen que tomarse las respectivas medidas para disminuir los valores en el efluente hasta cumplir con la calidad exigida en el punto de control (inmisión).

Cualquier efluente debe ser oxigenado (aireación) previo a su descarga.

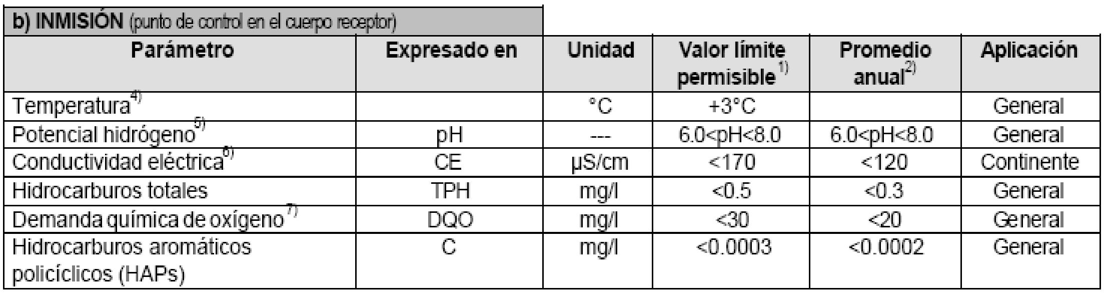
La periodicidad de los muestreos y análisis deberá cumplir con lo siguiente:

- Diario en refinerías y para descargas de perforación durante todo el periodo de perforación;
- Mínimo una vez al mes en todas las demás instalaciones hidrocarburíferas que generan descargas líquidas y en todas las fases de operación, excepto aquellos referidos en el siguiente punto;
- Semestralmente para las fases, instalaciones y actividades de almacenamiento, transporte, comercialización y venta de hidrocarburos que generen descargas líquidas.



a) EFLUENTE (punto de descarga)

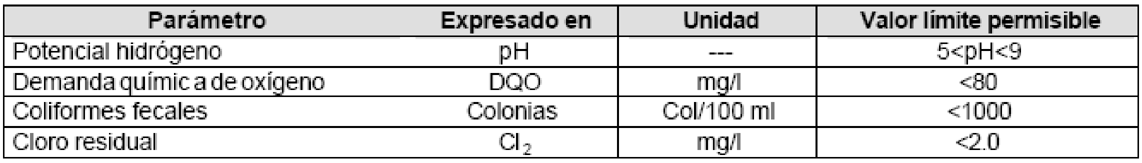
Parámetro	Expresado en	Unidad	Valor límite permisible$^{1)}$	Promedio anual$^{2)}$	Destino de descarga
Potencial hidrógeno	pH	---	5<pH<9	5.0<pH<9.0	Todos
Conductividad eléctrica	CE	µS/cm	<2500	<2000	Continente
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	<20	<15	Continente
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	<30	<20	Mar abierto
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	<120	<80	Continente
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	<350	<300	Mar abierto
Sólidos totales	ST	mg/l	<1700	<1500	Todos
Bario	Ba	mg/l	<5	<3	Todos
Cromo (total)	Cr	mg/l	<0.5	<0.4	Todos
Plomo	Pb	mg/l	<0.5	<0.4	Todos
Vanadio	V	mg/l	<1	<0.8	Todos
Nitrógeno global (incluye N orgánico, amoniacal y óxidos)$^{3)}$	NH_4-N	mg/l	<20	<15	Todos
Fenoles$^{3)}$		mg/l	<0.15	<0.10	Todos



b) INMISIÓN (punto de control en el cuerpo receptor)					
Parámetro	**Expresado en**	**Unidad**	**Valor límite permisible 1)**	**Promedio anual 2)**	**Aplicación**
Temperatura 4)		°C	+3°C		General
Potencial hidrógeno 5)	pH	---	6.0<pH<8.0	6.0<pH<8.0	General
Conductividad eléctrica 6)	CE	µS/cm	<170	<120	Continente
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	<0.5	<0.3	General
Demanda química de oxígeno 7)	DQO	mg/l	<30	<20	General
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	C	mg/l	<0.0003	<0.0002	General

Tabla 5.- Límites permisibles para descargas de aguas negras y grises.

La periodicidad de los muestreos y análisis será por lo menos semanal, excepto para las fases, instalaciones y actividades de almacenamiento, transporte, comercialización y venta de hidrocarburos, para las cuales se deberá realizar semestralmente.



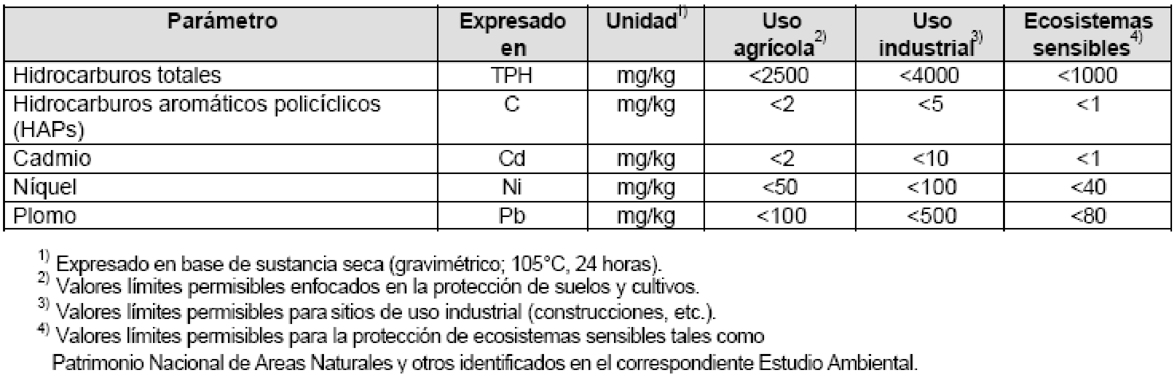
Parámetro	Expresado en	Unidad	Valor límite permisible
Potencial hidrógeno	pH	---	5<pH<9
Demanda químic a de oxígeno	DQO	mg/l	<80
Coliformes fecales	Colonias	Col/100 ml	<1000
Cloro residual	Cl_2	mg/l	<2.0

Tabla 6.- Límites permisibles para la identificación y remediación de suelos contaminados en todas las fases de la industria hidrocarburífera, incluidas las estaciones de servicios.

Los límites permisibles a aplicarse en un proyecto determinado dependen del uso posterior a darse al suelo remediado, el cual constará en el respectivo Programa o Proyecto de Remediación aprobado por la Subsecreta ría de Protección Ambiental.

De presentar los suelos naturales (no contaminados) del área concentraciones superiores a los límites establecidos, se pueden incrementar los valores del respectivo parámetro hasta este nivel, siempre que se haya comprobado este fenómeno estadísticamente a través de un monitoreo de suelos no pertubados ni influenciados en el mismo área.

El monitoreo consistirá de una caracterización inicial del sitio y/o material a remediarse, un monitoreo de por lo menos un muestreo con los respectivos análisis cada seis meses, y una caracterización final una vez concluidos los trabajos. Dependiendo de la tecnología de remediación aplicada, la frecuencia del monitoreo será mayor, conforme al Programa o Proyecto de Remediación aprobado por la Subsecretaría de Protección Ambiental



Parámetro	Expresado en	Unidad[1]	Uso agrícola[2]	Uso industrial[3]	Ecosistemas sensibles[4]
Hidrocarburos totales	TPH	mg/kg	<2500	<4000	<1000
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	C	mg/kg	<2	<5	<1
Cadmio	Cd	mg/kg	<2	<10	<1
Níquel	Ni	mg/kg	<50	<100	<40
Plomo	Pb	mg/kg	<100	<500	<80

[1] Expresado en base de sustancia seca (gravimétrico; 105°C, 24 horas).
[2] Valores límites permisibles enfocados en la protección de suelos y cultivos.
[3] Valores límites permisibles para sitios de uso industrial (construcciones, etc.).
[4] Valores límites permisibles para la protección de ecosistemas sensibles tales como Patrimonio Nacional de Areas Naturales y otros identificados en el correspondiente Estudio Ambiental.

Tabla 7: Límites permisibles de lixiviados para la disposición final de lodos y ripios de perforación en superficie.

Los lodos y ripios de perforación, para su disposición final en superficie tienen que cumplir con los parámetros y límites permisibles indicados en la tabla, dependiendo de si el sitio de disposición final cuenta con una impermeabilización de la base o no. El muestreo se realizará de tal manera que se obtengan muestras compuestas representativas en función del volumen total dispuesto en el respectivo sitio.

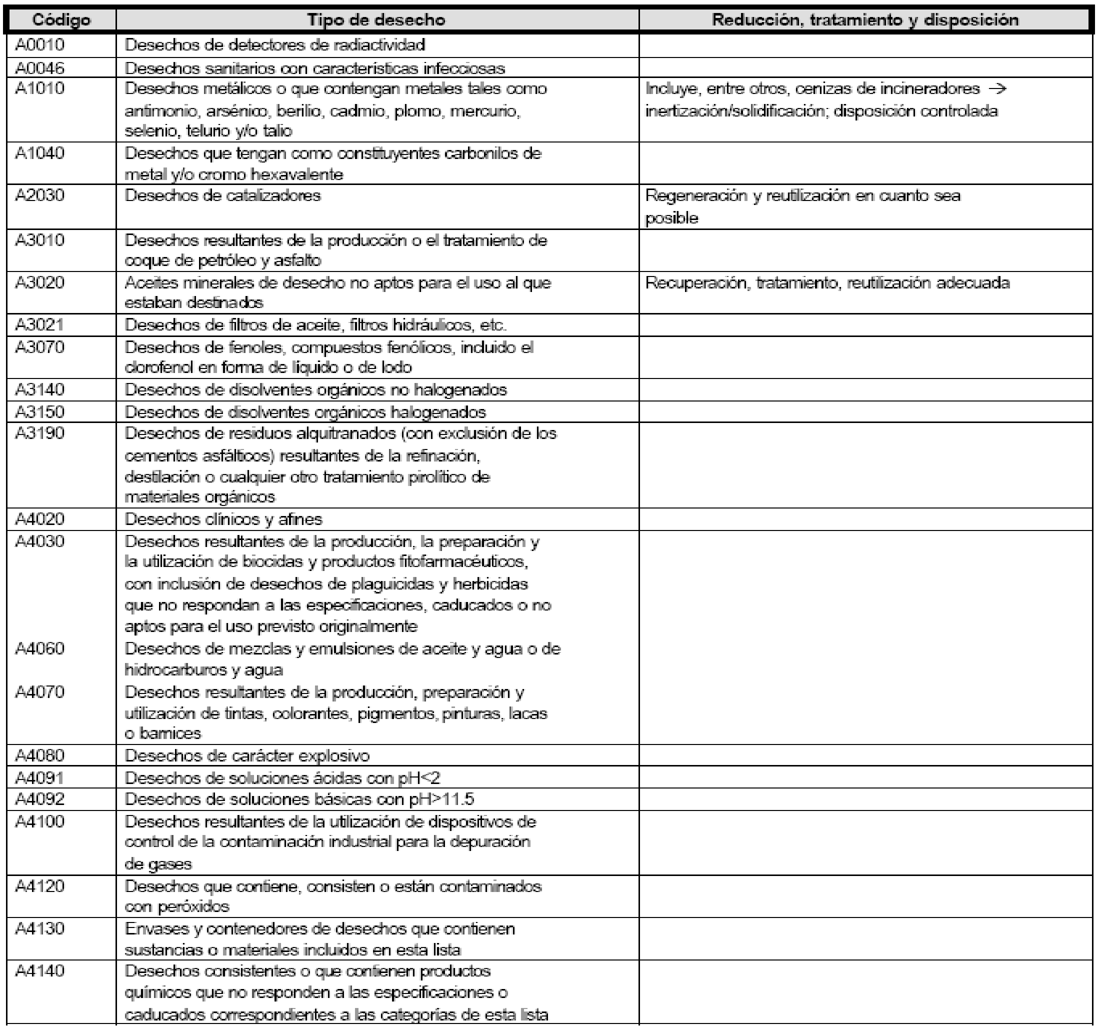
Los lodos de decantación procedentes del tratamiento de los fluidos de perforación se incluirán en el tratamiento y la disposición de los lodos y ripios de perforación. Además del análisis inicial para la disposición final, se requiere un seguimiento a través de muestreos y análisis periódicos:

1. a los siete días de la disposición de los lodos y ripios tratados;
2. a los tres meses de la disposición;
3. a los seis meses de la disposición.

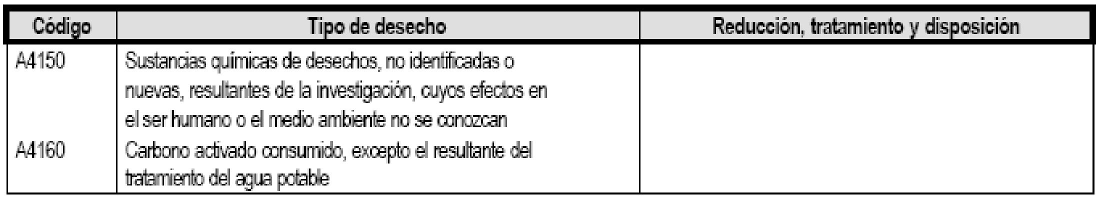
a) SIN impermeabilización de la base			
Parámetro	**Expresado en**	**Unidad**	**Valor límite permisible**
Potencial hidrógeno	pH	---	6<pH<9
Conductividad eléctrica	CE	µS/cm	4,000
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	<1
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	C	mg/l	<0.003
Cadmio	Cd	mg/l	<0.05
Cromo total	Cr	mg/l	<1.0
Vanadio	V	mg/l	<0.2
Bario	Ba	mg/l	<5
b) CON impermeabilización de la base			
Parámetro	**Expresado en**	**Unidad**	**Valor límite permisible**
Potencial hidrógeno	pH	---	4<pH<12
Conductividad eléctrica	CE	µS/cm	8,000
Hidrocarburos totales	TPH	mg/l	<50
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	C	mg/l	<0.005
Cadmio	Cd	mg/l	<0.5
Cromo total	Cr	mg/l	<10.0
Vanadio	V	mg/l	<2
Bario	Ba	mg/l	<10

TABLA 8.- Clasificación de desechos procedentes de todas las fases y operaciones hidrocarburíferas, y recomendaciones de reducción, tratamiento y disposición.

A) Desechos caracterizados como peligrosos (conforme a la clasificación de desechos peligrosos del Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación; vigente desde 1992):



Código	Tipo de desecho	Reducción, tratamiento y disposición
A0010	Desechos de detectores de radiactividad	
A0046	Desechos sanitarios con características infecciosas	
A1010	Desechos metálicos o que contengan metales tales como antimonio, arsénico, berilio, cadmio, plomo, mercurio, selenio, telurio y/o talio	Incluye, entre otros, cenizas de incineradores → inertización/solidificación; disposición controlada
A1040	Desechos que tengan como constituyentes carbonilos de metal y/o cromo hexavalente	
A2030	Desechos de catalizadores	Regeneración y reutilización en cuanto sea posible
A3010	Desechos resultantes de la producción o el tratamiento de coque de petróleo y asfalto	
A3020	Aceites minerales de desecho no aptos para el uso al que estaban destinados	Recuperación, tratamiento, reutilización adecuada
A3021	Desechos de filtros de aceite, filtros hidráulicos, etc.	
A3070	Desechos de fenoles, compuestos fenólicos, incluido el clorofenol en forma de liquido o de lodo	
A3140	Desechos de disolventes orgánicos no halogenados	
A3150	Desechos de disolventes orgánicos halogenados	
A3190	Desechos de residuos alquitranados (con exclusión de los cementos asfálticos) resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico de materiales orgánicos	
A4020	Desechos clínicos y afines	
A4030 A4060 A4070	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de biocidas y productos fitofarmacéuticos, con inclusión de desechos de plaguicidas y herbicidas que no respondan a las especificaciones, caducados o no aptos para el uso previsto originalmente Desechos de mezclas y emulsiones de aceite y agua o de hidrocarburos y agua Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices	
A4080	Desechos de carácter explosivo	
A4091	Desechos de soluciones ácidas con pH<2	
A4092	Desechos de soluciones básicas con pH>11.5	
A4100	Desechos resultantes de la utilización de dispositivos de control de la contaminación industrial para la depuración de gases	
A4120	Desechos que contiene, consisten o están contaminados con peróxidos	
A4130	Envases y contenedores de desechos que contienen sustancias o materiales incluidos en esta lista	
A4140	Desechos consistentes o que contienen productos químicos que no responden a las especificaciones o caducados correspondientes a las categorías de esta lista	



Código	Tipo de desecho	Reducción, tratamiento y disposición
A4150 A4160	Sustancias químicas de desechos, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación, cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan Carbono activado consumido, excepto el resultante del tratamiento del agua potable	

B) Desechos no caracterizados como peligrosos: (sujetos a control conforme a este Reglamento)

Código	Tipo de desecho	Reducción, tratamiento y disposición
B0045	Desechos domésticos inorgánicos	Clasificación; disposición controlada.
B0046	Desechos domésticos orgánicos	Clasificación; compostaje.
B2011	Ripios	Disposición controlada.
B2020	Desechos de vidrio	Clasificación; reciclaje.
B2041	Agua de formación	Reinyección.
B2042	Sedimentos de perforación y fondos contaminados del almacenamiento o depósito de desperdicios no peligrosos	Disposición controlada de sólidos.
B3001	Tierra con hidrocarburos	Prevención de derrames; Biorremediación, landfarming
B3002	Lodos y arena contaminados con hidrocarburos	Biorremediación, landfarming
B3003	Hidrocarburos recuperados en el flujo de producción y/o tratamiento de efluentes	Reincorporación al proceso de producción
B3004	Desechos de petróleo crudo	Reincorporación al proceso de producción
B3005	Gases retirados del flujo de producción tales como: sulfito de hidrógeno y dióxido de carbono, y otros hidrocarburos volatilizados	Recuperación y tratamiento dentro de los procesos de producción.
B3006	Fluidos y lodos de perforación	Priorización de lodos de perforación en base de agua; reciclaje de lodos; tratamiento de sedimentación y decantación; reinyección de líquidos; disposición controlada de sólidos.
B3010	Desechos de plástico	Clasificación; reciclaje.
B3020	Desechos de papel, cartón y productos de papel	Clasificación; reciclaje.
B3030	Desechos textiles	Clasificación; reciclaje.
B3150	Otros desechos inorgánicos industriales no clasificados como peligrosos → especificar	Clasificación; disposición controlada.

Capitulo 3 (Incineración)

Registro Oficial No. 153 del 2 de agosto del 2003
Art.7 METODOS DE MEDICION

Tabla 4. Limites Máximos permisibles para emisiones a la atmósfera provenientes de fuentes fijas para actividades Hidrocarburiferas.

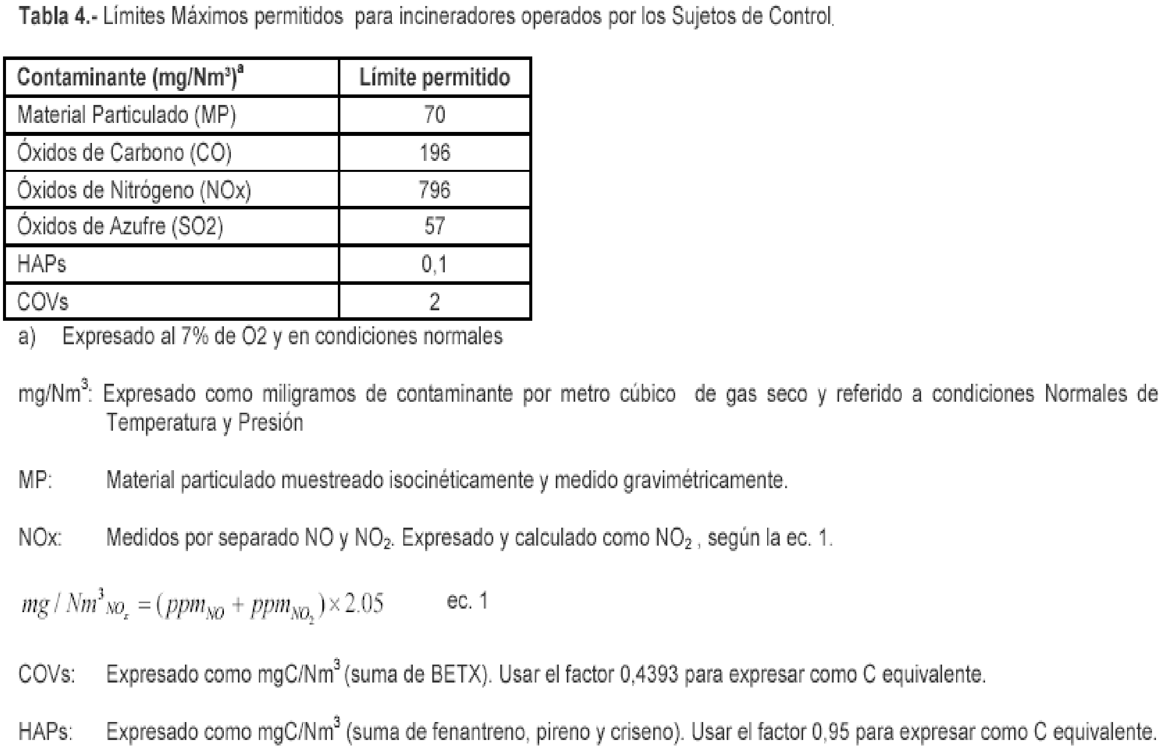


Tabla 4.- Límites Máximos permitidos para incineradores operados por los Sujetos de Control.

Contaminante (mg/Nm^3)[a]	Límite permitido
Material Particulado (MP)	70
Óxidos de Carbono (CO)	196
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	796
Óxidos de Azufre (SO2)	57
HAPs	0,1
COVs	2

a) Expresado al 7% de O2 y en condiciones normales

mg/Nm^3: Expresado como miligramos de contaminante por metro cúbico de gas seco y referido a condiciones Normales de Temperatura y Presión

MP: Material particulado muestreado isocinéticamente y medido gravimétricamente.

NOx: Medidos por separado NO y NO_2. Expresado y calculado como NO_2, según la ec. 1.

$$mg/Nm^3_{NO_x} = (ppm_{NO} + ppm_{NO_2}) \times 2.05 \qquad \text{ec. 1}$$

COVs: Expresado como mgC/Nm^3 (suma de BETX). Usar el factor 0,4393 para expresar como C equivalente.

HAPs: Expresado como mgC/Nm^3 (suma de fenantreno, pireno y criseno). Usar el factor 0,95 para expresar como C equivalente.

Tabla 5. Métodos de Muestreo y medición de emisiones de Combustión

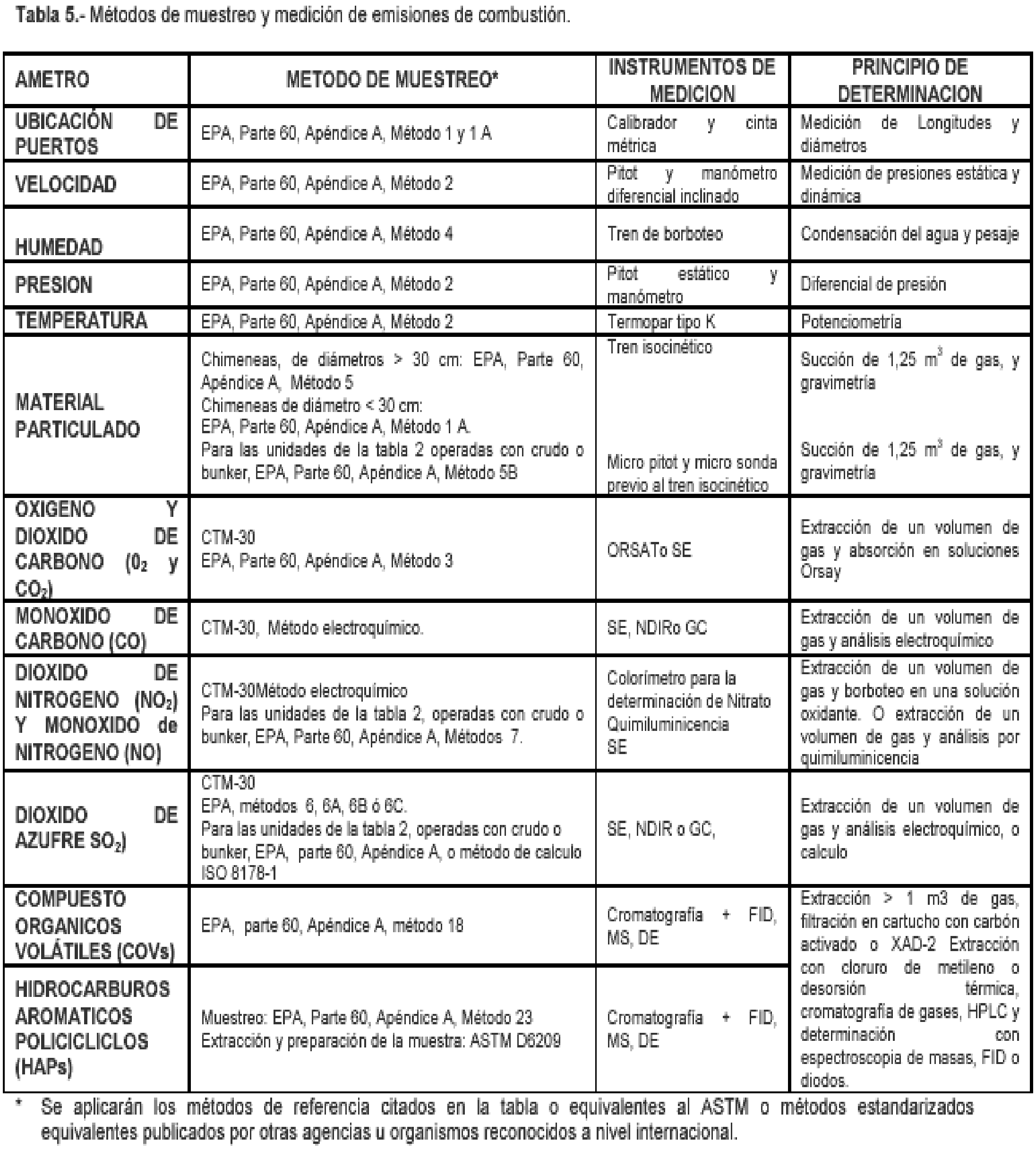


Tabla 5.- Métodos de muestreo y medición de emisiones de combustión.

AMETRO	METODO DE MUESTREO*	INSTRUMENTOS DE MEDICION	PRINCIPIO DE DETERMINACION
UBICACIÓN DE PUERTOS	EPA, Parte 60, Apéndice A, Método 1 y 1 A	Calibrador y cinta métrica	Medición de Longitudes y diámetros
VELOCIDAD	EPA, Parte 60, Apéndice A, Método 2	Pitot y manómetro diferencial inclinado	Medición de presiones estática y dinámica
HUMEDAD	EPA, Parte 60, Apéndice A, Método 4	Tren de borboteo	Condensación del agua y pesaje
PRESION	EPA, Parte 60, Apéndice A, Método 2	Pitot estático y manómetro	Diferencial de presión
TEMPERATURA	EPA, Parte 60, Apéndice A, Método 2	Termopar tipo K	Potenciometría
MATERIAL PARTICULADO	Chimeneas, de diámetros > 30 cm: EPA, Parte 60, Apéndice A, Método 5 Chimeneas de diámetro < 30 cm: EPA, Parte 60, Apéndice A, Método 1 A. Para las unidades de la tabla 2 operadas con crudo o bunker, EPA, Parte 60, Apéndice A, Método 5B	Tren isocinético Micro pitot y micro sonda previo al tren isocinético	Succión de 1,25 m^3 de gas, y gravimetría Succión de 1,25 m^3 de gas, y gravimetría
OXIGENO Y DIOXIDO DE CARBONO (0_2 y CO_2)	CTM-30 EPA, Parte 60, Apéndice A, Método 3	ORSATo SE	Extracción de un volumen de gas y absorción en soluciones Orsay
MONOXIDO DE CARBONO (CO)	CTM-30, Método electroquímico.	SE, NDIRo GC	Extracción de un volumen de gas y análisis electroquímico
DIOXIDO DE NITROGENO (NO_2) Y MONOXIDO de NITROGENO (NO)	CTM-30Método electroquímico Para las unidades de la tabla 2, operadas con crudo o bunker, EPA, Parte 60, Apéndice A, Métodos 7.	Colorímetro para la determinación de Nitrato Quimiluminicencia SE	Extracción de un volumen de gas y borboteo en una solución oxidante. O extracción de un volumen de gas y análisis por quimiluminicencia
DIOXIDO DE AZUFRE SO_2)	CTM-30 EPA, métodos 6, 6A, 6B ó 6C. Para las unidades de la tabla 2, operadas con crudo o bunker, EPA, parte 60, Apéndice A, o método de calculo ISO 8178-1	SE, NDIR o GC,	Extracción de un volumen de gas y análisis electroquímico, o calculo
COMPUESTO ORGANICOS VOLÁTILES (COVs)	EPA, parte 60, Apéndice A, método 18	Cromatografía + FID, MS, DE	Extracción > 1 m3 de gas, filtración en cartucho con carbón activado o XAD-2 Extracción con cloruro de metileno o desorsión térmica, cromatografía de gases, HPLC y determinación con espectroscopia de masas, FID o diodos.
HIDROCARBUROS AROMATICOS POLICICLICLOS (HAPs)	Muestreo: EPA, Parte 60, Apéndice A, Método 23 Extracción y preparación de la muestra: ASTM D6209	Cromatografía + FID, MS, DE	

* Se aplicarán los métodos de referencia citados en la tabla o equivalentes al ASTM o métodos estandarizados equivalentes publicados por otras agencias u organismos reconocidos a nivel internacional.

Capitulo3 (Landfarming)

NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS
LIBRO VI ANEXO 2 TULAS

4.2.2 Criterios de Remediación o Restauración del Suelo

Los criterios de Remediación o Restauración se establecen de acuerdo al uso que del suelo (agrícola, comercial, residencial e industrial), y son presentados en la Tabla 3. Tienen el propósito de establecer los niveles máximos de concentración de contaminantes de un suelo en proceso de remediación o restauración.

Criterios de Remediación o Restauración
(Valores Máximos Permitidos)

Tabla 3

Sustancia	Unidades (Concentración en Peso Seco)	**USO DEL SUELO**			
		Agrícola	Residencial	Comercial	Industrial
Parámetros Generales					
Conductividad	mmhos/cm.	2	2	4	4
PH		6 a 8	6 a 8	6 a 8	6 a 8
Parámetros Inorgánicos					
Arsénico (inorgánico)	mg/kg	12	15	15	15
Azufre (elemental)	mg/kg	500	-	-	-
Bario	mg/kg	750	500	2000	2000
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	2	-	-	-
Cadmio	mg/kg	2	5	10	10
Cobalto	mg/kg	40	50	300	300
Cobre	mg/kg	63	63	91	91
Cromo Total	mg/kg	65	65	90	90
Cromo VI	mg/kg	0.4	0.4	1.4	1.4
Cianuro (libre)	mg/kg	0.9	0.9	8.0	8.0
Estaño	mg/kg	5	50	300	300
Flúor (total)	mg/kg	200	400	2000	2000
Mercurio (inorgánico)	mg/kg	0.8	2	10	10
Molibdeno	mg/kg	5	10	40	40
Níquel	mg/kg	50	100	100	100
Plata	mg/kg	20	20	40	40
Plomo	mg/kg	100	100	150	150
Selenio	mg/kg	2	3	10	10
Talio	mg/kg	1	1	1	1
Vanadio	mg/kg	130	130	130	130
Zinc	mg/kg	200	200	380	380
Parámetros orgánicos					
Aceites y Grasas	mg/kg	500	<2 500	<4 000	<4 000
Hidrocarburos Aromáticos Monocíclicos					
Benceno	mg/kg	0.05	0.5	5	5
Etilbenceno	mg/kg	0.1	1.2	20	20
Estireno	mg/kg	0.1	5	50	50
Tolueno	mg/kg	0.1	0.8	0.8	0.8
Xileno	mg/kg	0.1	1	17	20
Compuestos Fenólicos	mg/kg	-	-	-	-
Clorofenoles (cada uno)	mg/kg	0.05	0.5	5	5
Fenoles (total)	mg/kg	3.8	3.8	3.8	3.8
Hidrocarburos aromáticos policiclicos	mg/kg	<2		<5	<1
Benzo(a)antraceno	mg/kg	0.1	1	1	1
Benzo(a)pirenos	mg/kg	0.1	0.7	0.7	0.7

Sustancia	Unidades (Concentración en Peso Seco)	USO DEL SUELO			
		Agrícola	Residencial	Comercial	Industrial
Naftaleno	mg/kg	0.1	0.6	22	22
Pirenos	mg/kg	0.1	10	10	10
Hidrocarburos Clorinados					
Bifenilospoliclorados (PCBs) total	mg/kg	0.5	1.3	33	33
Clorinados Alifáticos (cada uno)	mg/kg	0.1	5	50	50
Clorobencenos (cada uno)		0.05	2	10	10
Tetracloroetilenos	mg/kg	0.1	0.2	0.5	0.6
Tricloroetileno	mg/kg	0.1	3	30	30
Pesticidas					
Pesticidas organoclorados y sus Metabolitos totales*	mg/kg	0.1	0.1	0.1	0.1
Aldrin					
Dieldrin					
Clordano					
DDT(total)[1]					
Endosulfan (total)[2]					
Endrin (total)[3]	mg/kg	0.01	0.01	0.01	0.01
Heptacloro[4]	mg/kg	0.01	0.01	0.01	0.01
Hexaclorociclohexano (todos los isómeros)[5]	mg/kg	0.01	0.01	0.01	0.01
Atrazina	mg/kg	0.005	0.005	0.005	0.005
Carbofuran	mg/kg	0.01	0.01	0.01	0.01
Orgánicos Misceláneos		-	-	-	-
Alifáticos no Clorinados (cada uno)	mg/kg	0.3	-	-	-

4.3.2.2 Reacción de acidez y alcalinidad

La reacción de acidez y alcalinidad se medirá en términos de pH de acuerdo a la tabla 4

TABLA 4. Reacción acidez-alcalinidad

pH	Rango
Muy fuertemente Ácido	Menor a 4.5
Fuertemente Ácido	4.6 a 5.5
Medianamente Ácido	5.6 a 6
Ligeramente Ácido	6.1 a 6.5
Neutro	6.6 a 7.3
Ligeramente Alcalino	7.4 a 7.8
Moderadamente alcalino	7.9 a 8.4
Fuertemente Alcalino	8.5 a 9
Muy fuertemente Alcalino	Mayor a 9.1

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- JUANA B. EWEIS, SARINA J. ERGAS, DANIEL P. Y. CHANG y EDWARD D. SCHOROEDER (1999): <<Principios de Biorrecuperación>>, *Tratamientos para la descontaminación y regeneración de suelos y aguas subterráneas mediante procesos biológicos y físico químicos*, págs. 185 – 199

- Manual API para Practicas Recomendadas Procedimiento Estándar para Pruebas de Campo con Fluidos de Perforación de Base Agua, Sección 1, Pág. 11-30.

- Paper << Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR)>>, División de Toxicología TosFAQsTM, Agosto de 1999.

- Drilling Fluids Techical Manual, Dowell, Schlumberger, 1994.

Información para tesis proporcionada por las diferentes empresas:

- <<*Tratamiento de Cortes / Manejo de Residuos (Proyecto Camisea*)>>, Ing. Mauricio Ruales(Qmax Ecuador S.A).

- <<*Waste Managment / Sistema De Disposición de Cortes*>>, Ing. Mónica Jara ("Brant Tuboscope)

- <<*Información varia del sistema de Tratamiento de Ripios en el Bloque 18*>>, Ing. Javier Rumipamba (Petrobrás Energía)

- <<*Especificaciones Geotextiles / Informe Aplicación de Geotubo en Isla Jambeli, Ecuador*>>, Ing. Antonio Naranjo (Pivaltec Geosinteticos S.A)

- <<*Generalidades del Proceso de Incineración*>>, Ing. Pedro Mantilla (Incinerox)

- <<*Estudios de Impacto Ambiental Petrobrás, Sipec, Petroecuador*>>, Ing. Manuel Muñoz (DINAPA)

- <<*Generalidades del Tratamiento de Ripios Plataforma Hormiguero Sur*>>, Ing. Javier Villaba (WALSH).

- <<*Sistema de Tratamiento de Ripios: Landfarming*>>, Ing. Mario Puente (Ecuambiente).

Paginas web:

- www.geosinteticos.com/pages/home_**pivaltec**.htm
- http://www.ambiente.gov.ec/paginas_espanol/3normativa/texto_unificado.htm
- http://www.menergia.gov.ec/secciones/ambiental/dinapaControl.html
- http://www.menergia.gov.ec/secciones/ambiental/dinapaMarcoLegal.html
- http://esp.miswaco.com/Productos_Servicios/Manejo_de_desechos/index.cfm
- http://esp.miswaco.com/Productos_Servicios/Control_de_s%C3%B3lidos/index.cfm

GLOSARIO

Aerobio.- Aplicase al ser vivo que subsiste con oxígeno libre.

Aguas negras y grises: Residuo de agua, de composición variada, proveniente de un proceso de actividad doméstica, en el cual su composición original ha sufrido una degradación. Las aguas negras provienen de los baños, las aguas grises de cocina y lavandería.

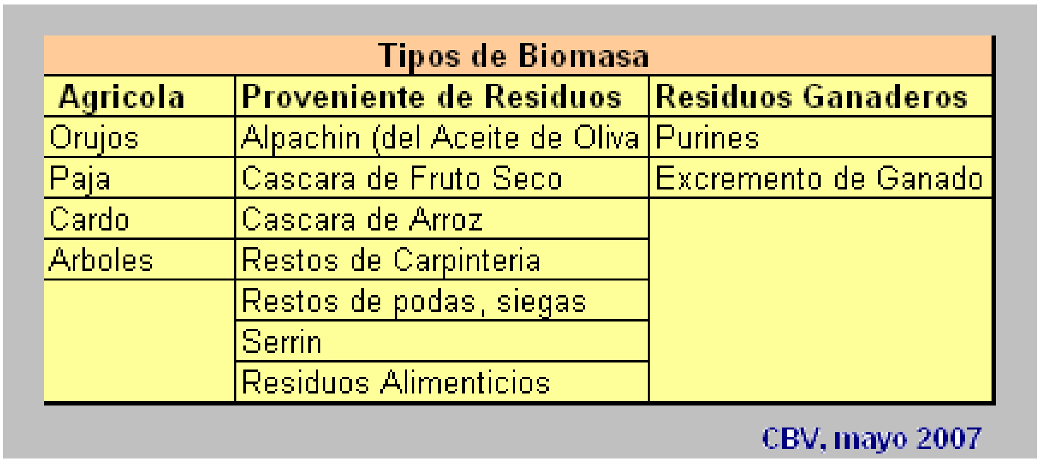
Aguas residuales: Aguas resultantes de actividades industriales que se vierten como efluentes.

Anaerobio.- Microorganismo capaz de vivir sin presencia de oxigeno libre, el cual obtiene a partir de la descomposición de diversos compuestos orgánicos.

Anisótropo.-Que ofrece distintas propiedades cuando se examina o ensaya en direcciones diferentes: todos los cristales son, por naturaleza, anisótropos.

Biodegradación.- Proceso de transformación y descomposición de sustancias orgánicas por seres vivos, cambiando las características del producto original.

Biomasa.- O masa biológica, es la cantidad de materia viva producida en un área determinada de la superficie terrestre, o por organismos de un tipo específico.



Tipos de Biomasa

Agricola	Proveniente de Residuos	Residuos Ganaderos
Orujos	Alpachin (del Aceite de Oliva	Purines
Paja	Cascara de Fruto Seco	Excremento de Ganado
Cardo	Cascara de Arroz	
Arboles	Restos de Carpinteria	
	Restos de podas, siegas	
	Serrin	
	Residuos Alimenticios	

CBV, mayo 2007

Cal Viva.- este químico es utilizado en. Tratamiento de ripios de perforación para encapsular los cortes y evitar el arrastre de lixiviados.

Catalizador.- Es un catalizador de las reacciones bioquímicas de los seres vivos. Se consideran biocatalizadores las enzimas, las hormonas y las vitaminas. Un biocatalizador reduce la energía de activación de una reacción química, haciendo que ésta sea más rápida o más lenta.

Colmatación.- Llenar una medida, vaso, cesto, etc., de modo que el contenido pase los bordes. fig. Dar abundantemente. Satisfacer los deseos o aspiraciones en forma plena.

Cuerpo de agua: Acumulación de agua corriente o quieta, que en su conjunto forma la hidrósfera; son los charcos temporales, esteros, manantiales, marismas, lagunas, lagos, mares, océanos, ríos, arroyos, reservas subterráneas, pantanos y cualquier otra acumulación de agua.

Dilución: Proceso de mezcla de un material con otro en proporción tal que disminuye la concentración de elementos y/o sustancias del primero.

Efluente: Que fluye al exterior, descargado como desecho con o sin tratamiento previo; por lo general se refiere a descargas líquidas hacia cuerpos de aguas superficiales.

Endémico: Organismo oriundo del país o la región donde habita.

Escorrentía: Caudal superficial de aguas, procedentes de precipitaciones por lo general, que corre sobre o cerca de la superficie en un corto plazo de tiempo.

Incineración.- Proceso controlado en cuanto a los factores de temperatura y oxigenación para quemar desechos sólidos y líquidos, considerado como un método de eliminación de residuos, transformando su tracción combustible en materias inertes y gases.

Límite permisible: Valor máximo de concentración de elemento(s) o sustancia(s) en los diferentes componentes del ambiente, determinado a través de métodos estandarizados, y reglamentado a través de instrumentos legales.

Lixiviados.- Solución que resulta del transporte de agua por los poros y fisuras del suelo u otro medio sólido poroso y las interacciones físico - químicas de esta agua con los componentes minerales y orgánicos del suelo.

Lodo de decantación: Sólido asentado después del reposo de un sistema coloidal o una suspensión de materiales, por ejemplo después del tratamiento de aguas residuales con agentes floculantes y la sedimentación de los flóculos formados.

Sulfato de Aluminio.- es una sal de fórmula $Al2(SO4)3$ usada comúnmente como floculante en la purificación de agua potable y en la industria del papel. Cuando el pH del agua es alto (mayor de 7), el aluminio precipita arrastrando las partículas en suspensión, dejando el agua transparente. Esta propiedad es comúnmente usada en piscinas y para tratamiento de aguas industriales.

Urdimbre.- Conjunto de hilos que se colocan en el telar paralelamente unos a otros para formar una tela.